

雷锋网2017
年度特辑

第四辑

“

自动驾驶大规模落地前夜

具有巨大影响力的新技术一直是雷锋网新智驾关注的重点。自动驾驶则是我们所接触到的最具颠覆性的创新驱动力之一。从实验室到商业落地，2017年雷锋网追踪和记录了那些致力于让自动驾驶技术从科学项目变成大规模生产力的公司。在这50+篇文章里，他们真诚地分享对自动驾驶的探索、思考和对自动驾驶未来的趋势预判。



自动驾驶大规模落地前夜

| 2017 年度特辑

特辑介绍

具有巨大影响力的新技术一直是雷锋网新智驾关注的重点。自动驾驶则是我们所接触到的最具颠覆性的创新驱动力之一。

从实验室到商业落地，2017 年雷锋网追踪和记录了那些致力于让自动驾驶技术从科学项目变成大规模生产力的公司。这年，从最上游的芯片公司开始，到传感器公司、软件公司、一/二级零部件供应商到车企、出行服务运营商，可以说产业链上的每一家公司都在推动内部剧烈的变革，也在推动行业协作方式的变革，并希望最终影响消费者购买和使用未来的汽车。

在这 50+ 篇文章里，他们真诚地分享对自动驾驶的探索、思考和对自动驾驶未来的趋势预判。

特辑详情

从实验室到商业落地，2017年雷锋网追踪和记录了那些致力于让自动驾驶技术从科学项目变成大规模生产力的公司。

这一年，从最上游的芯片公司开始，到传感器公司、软件公司、一/二级零部件供应商到车企、出行服务运营商，可以说产业链上的每一家公司都在推动内部剧烈的变革，也在推动行业协作方式的变革，并希望最终影响消费者购买和使用未来的汽车。

正如 Moibleye CEO Amnon Shashua 所说，我们谈论自动驾驶不是某个产品，而是整个行业。

因而这个特辑将包含了自动驾驶产业链上的各个环节的演进和技术进步，如新兴传感器公司、自动驾驶领军企业、汽车厂商以及一级供应商。

同样我们也以史为鉴，特别用一个章节的篇幅来回顾过去10年自动驾驶的老前辈们在这个领域的探索历程。

这些是雷锋网在过去一年来对顶级自动驾驶技术专家、优秀创业公司、技术公司、汽车供应商、车企、高校教授、院士的观察、记录与解读。

在这 50+ 篇文章里，他们真诚地分享对自动驾驶的探索、思考和对
自动驾驶未来的趋势预判。



导语

这是风云变幻的一年。各种融资记录频频刷新，动辄上亿的融资记录已经无法掀起人们心中的涟漪。

这是科技创新维艰的一年。对于前沿的科技公司，市场的目光不再停留在技术的高超，更加追求科技如何落地生根，讲究的是如何赚钱。

互联网上各种死亡名单层出不穷，概念升起，概念落下，站在风口上猪能起飞的日子已经消逝。庆幸的是，始终有一批人坚定地站在创新的潮头，他们始终在探索技术如何真正改变未来，下沉至各行各业。



在这一年里，雷锋网始终关注、追踪、记录在这些真正能够撬动未来的人以及他们所创造的公司。在这个章节里，荟萃着雷锋网对优秀的创业公司观察、记录、解读，章节里的创业公司来自不同的领域，包括人工智能、自动驾驶、芯片、机器人、金融等领域，他们包括 CV（计算机视觉）独角兽的商汤科技、旷视科技、优必选、景驰科技、Drive.ai、出门问问、寒武纪等在内的 50 篇创业公司的访谈。

在这些对话里，他们真诚地分享关于当下市场的观察、关于未来的预判，关于如何从 0 到 1 的商业路径，以及创业路上踩过哪些坑、

排过哪些雷，在这里，读懂商业与未来发展的逻辑。商业市场并非只有黑白二色，雷锋网要探索的是中间那层灰，那才是大浪淘沙的真实。

雷锋网在这里，集结各家的经验、智慧，在所有前行者所走过的路里，读懂隐藏着的未来方向。大风起于青萍之末，所有的智慧都潜藏在字里行间，雷锋网真诚希望各位在这里读懂智能与未来。



目录

自动驾驶大规模落地前夜	1
特辑介绍	1
特辑详情	2
导语	4
目录	6
新兴传感器技术特辑	10
独家专访 | 被上汽看中的 METAWAVE，要做替代激光雷达的毫米波雷达？	10
独家 | 追追赶激光雷达，传感器领域老将研发 30 年，即将发布 77GHz 高分辨率 4D 毫米波雷达	21
光电行业老兵创办 CEPTON，一年推出 2 款激光雷达，最远检测 300 米	31
挑战巨头市场，将毫米波雷达成本降低一半，这家芯片公司靠什么继续通关？	44
VELODYNE 多线开火：原工厂产能提升至 4 倍，最终要年产百万台激光雷达	52
推多激光雷达耦合：是速腾聚创的一小步，也是自动驾驶民主化的一大步	60
从测绘到无人驾驶，北科天绘如何“卷入”激光雷达的狂热竞争？	68
激光雷达领域再曝新品：INNOVUSION 发布 LiDAR+相机融合方案，分辨率等效 300 线	79
激光雷达+摄像头+计算机视觉，这家公司推出 iDAR 传感器挑战激光雷达	87
独家专访 | 64 线激光雷达太昂贵？OUSTER 要以五分之一的价格切入战场	94
首发 | 光珀在美国推出新型激光雷达，主攻机器人与自动驾驶	105
行易道赵捷：价格是国产毫米波雷达的优势，性能更是	114
挑战巨头市场，将毫米波雷达成本降低一半，这家芯片公司靠什么继续通关？	121
激光雷达公司 INNOVIZ 完成 6500 万美金融资，它的中国投资人如何评价这匹黑马	129

自动驾驶领军企业特写 139

景驰 3 个月内完成城区道路高峰时段路测，中国无人车梦之队要挑战 WAYMO 139

独家 | ROADSTAR.AI 自动驾驶样车上路，深度融合技术路线能否超越 WAYMO? 153

对话倪凯：解密禾多科技面向量产的 L3.5 自动驾驶技术 166

海量驾驶行为数据，如何成为这家公司拥抱自动驾驶生态的秘密武器? 182

专访 | DRIVE.AI 王弢：3 种车型准备就绪，与 LYFT 合作的自动驾驶打车服务即将上线 194

专访彭军：直奔 L4 无人驾驶，这有一份 PONY.AI 创立半年来的体会 207

自动驾驶不光是“技术至上”：驭势科技低速无人车一年的探索 215

PlusAI 刘万千：拿到加州测试牌照，敲定两家车企合作，投身自动驾驶这一年 223

拿下加州路测牌照，发起两项算法挑战，图森为重卡自动驾驶都做了哪些准备? 229

“AI 好青年”肖健雄：榨干摄像头性能，渐进式实现自动驾驶 236

全球 2000 家客户，这家公司推动林肯 MKZ 成为最流行的自动驾驶样车 249

专攻自动驾驶方案十年，这家公司为韩国无人车行业提供炮弹 264

前向启创熊志亮：ADAS 创业熬过四年，明年就是行业的高速爆发期 276

自行科技宁迪浩：智能电动汽车时代，我们有机会再造一个 MOBILEYE 285

长安汽车黎予生：结束 2000 公里“跋涉”后，自动驾驶量产依然任重道远 294

中国工程院院士李德毅：L3 自动驾驶的挑战与量产 306

前谷歌无人车 CTO CHRIS URMSON 回母校演讲，他道出了哪 6 大干货? 320

全网独家 | MOBILEYE CEO AMNON SHASHUA：如何让自动驾驶技术变成大规模落地的产品? 330

全网唯一完整译文 | WAYMO 无人车报告：通往自动驾驶之路 367

专访 | 特立独行的 VOYAGE，要让每辆自动驾驶出租车盈利 416

入股光庭，控股中海庭，投资多家初创公司，上汽全面布局 L4 自动驾驶 426

奥迪 CEO 谈自动驾驶：PILOTED DRIVING、高精地图和数据安全	440
专访丰田研究所负责人 GILL PRATT：自动驾驶面临的挑战及现实问题	450
师从李德毅、李克强，清华无人车领队张新钰详解智能驾驶进程、关键技术及产业化发展	465
供应商特辑	513
对话博世：顶级供应商的无人驾驶策略，加码中国区研发，不认同谷歌	513
专访博世高级副总裁：自动驾驶系统最大的挑战是如何对 AI 进行验证 | IAA 2017	520
专访海拉电子事业部副总裁：创新孵化器战略下，如何继续打开中国未来汽车行业主战场？	528
对话舜宇光学：做到车载镜头出货量全球第一，还要在自动驾驶领域走得更远	540
MOBILEYE 被收购后首发声：不走这条路，自动驾驶永远都实现不了	554
专访光庭：传统测绘与众包模式融合，高精地图呼唤新的算法与平台	578
上汽增资控股后，中海庭首发声：备战自动驾驶，高精地图面临的机遇和挑战	589
高德谷小丰：高精地图是自动驾驶的必由之路	611
采埃孚 CEO 详解未来移动出行战略：除了在硅谷开设办事处，还要投资扶持自动驾驶公司	643
自动驾驶历史回顾	650
口述历史：回顾塑造无人驾驶行业的 DARPA 挑战赛	650
走进 CMU：无人驾驶技术诞生的地方	665
重访 2005 DARPA 挑战赛斯坦福车队成员：STANLEY 夺冠背后那些不为人知的细节	680
特斯拉自动驾驶事故一年后，真相是什么？反思是什么？	698
师从李德毅、李克强，他亲历了中国无人驾驶十年变迁	702
VELODYNE 发展史：看 34 岁的音响公司如何引领自动驾驶革命	715
自动驾驶的“最强大脑”：NVIDIA DRIVE PX 到 XAVIER 的演进	727
ARGO.AI CEO 撰文自述：DARPA 挑战赛十年，自动驾驶还面临哪些挑战？	738

LEVANDOWSKI 沉浮史：投机取巧成了天才少年的不能承受之重（上）	748
LEVANDOWSKI 沉浮史：投机取巧成了天才少年的不能承受之重（下）	762
GOOGLE 无人车之父、机器学习和 200 万奖金的 DARPA 挑战赛，自动驾驶时代是怎样开启的？	775
在移动市场折戟的 TEGRA，如何变成英伟达自动驾驶的刺刀？	790



新兴传感器技术特辑

独家专访 | 被上汽看中的 Metawave，要做替代激光雷达的毫米 波雷达？

作者：张伟

导语：这家目前只有 10 人的创业公司，到底能否真正做出“令人尖叫”的产品，到 2018 年 CES 见真章。



雷锋网新智驾按：当地时间 10 月 25 日，雷锋网新智驾来到硅谷施乐帕克研究中心（Xerox PARC Research Center），此行要探访的初创公司 Metawave 目前在该中心办公。

这家刚成立 10 个月的公司之所以吸引雷锋网新智驾的注意，是因为在其今年 9 月份完成的 700 万美元种子轮融资中，上汽资本（SAIC Capital）出现在资方名单上。上汽作为国内知名车企，之所以选择布局 Metawave，其实看中的是这家公司正在大力研发的毫米波雷达产品，这款产品中使用的诸多技术及具备的特性让其非常适用于 ADAS、无人驾驶领域。

那么，Metawave 的这款产品到底有何玄妙之处，雷锋网新智驾带着这个问题对 Metawave 创始人兼 CEO Maha Achour 进行了访谈。

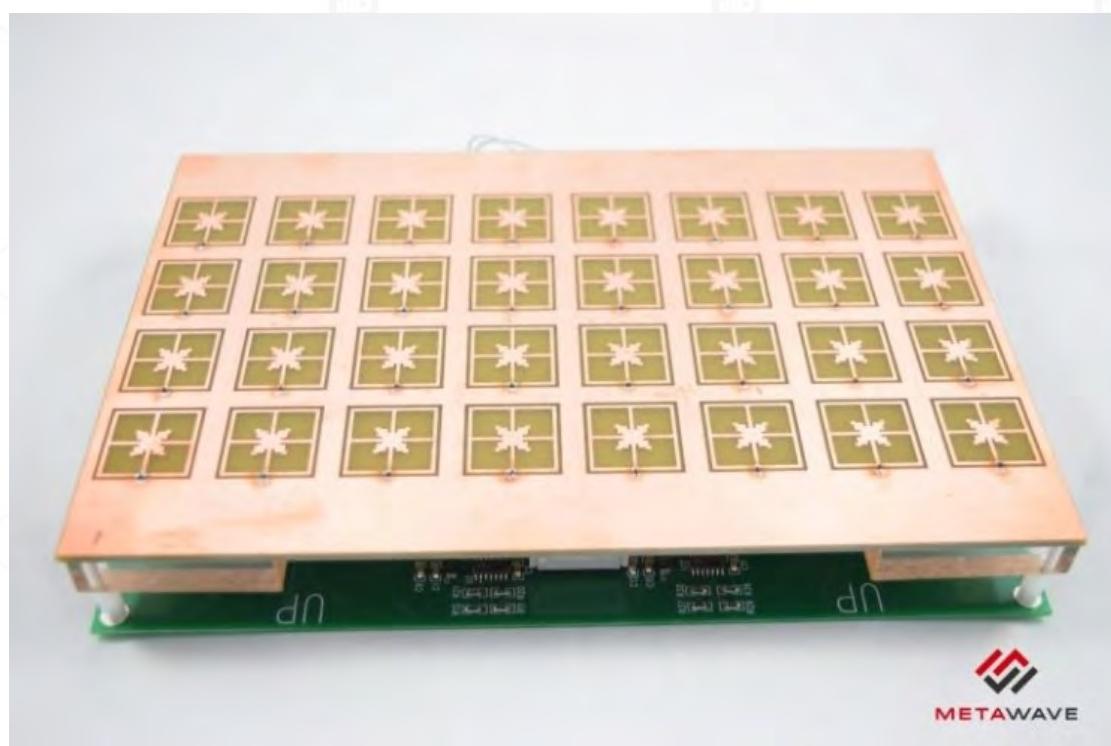
从 Xerox PARC 到 Metawave

Maha Achour 是 MIT 物理学博士，后来又在加州圣迭戈分校攻读电子工程以及通信系统理论。从 1996 年开始就在射频及光学行业工作，曾经在美国国防高级研究计划局（DARPA）领导过一些无线电相关的研究项目，在传感器、高速信号传输领域颇有造诣。

2006 年，她创立超材料（Metamaterials）研发公司 Rayspan 并担任 CTO，该公司主要研究的是超材料天线（Metamaterials

Antenna) ——一种用超材料操纵天线系统使其增加效率的天线，Maha 算是非常早期的将该技术带向市场的先驱。也许是机遇不对，这家公司后来没有再运营。

大约在两年前，Maha 和现在公司的 CTO Bernard Casse、工程 VP George Daniel 一起在 PARC 研究中心工作，从事的研究内容中依然有超材料，同时还有 5G 通信技术。或许是一种执念，Maha 还是想将这些新技术带向商业市场，她认为这个时候是很好的时机。



* Metawave 的超材料天线技术

今年早些时候，Maha 开始为 Metawave 找钱，一开始的创业方向实际上包括了 5G 通信网络以及车载毫米波雷达。但之后随着对

市场的分析更加成熟，看到 ADAS、无人驾驶领域的机会，还是决定将公司 90% 的重心放在车载雷达领域。

面对汽车、自动驾驶这些全新的领域，Maha 坦诚将面临非常大的挑战。不过她也指出，Metawave 目前的团队在模块化技术、AI 深度学习领域有较深的经验，而且工程 VP 也有传感器方面的设计经历，所以与毫米波雷达的研发有很多相通之处。此外，她还在补强团队实力。

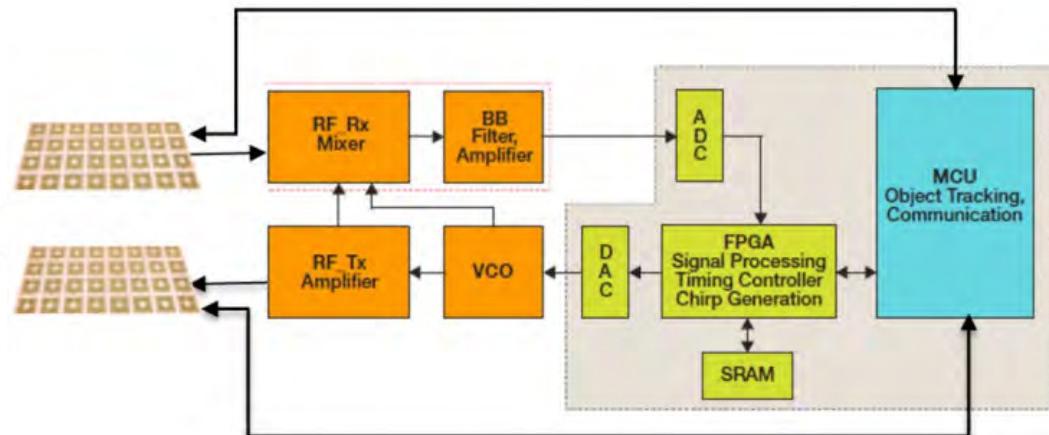
毫米波雷达产品——WARLORD

超材料、类 SAR

Maha 为其新一代的毫米波雷达产品取了一个非常“炫酷”的名字——WARLORD（简写自 W-Band Advanced Radar for Long-Range Object Recognition and Detection）。其频段在 76–81 GHz。

Metawave 方面称，WARLORD 采用了超材料天线，能发射可操控的高度定向的电磁波束，精准探测目标物的位置、速度，且不惧怕恶劣天气以及环境。而且，因为这款毫米波雷达内置了 Metawave 自研的 AI Engine，其中嵌入了各类物体识别和分类算法，可以分辨出道路参与者的属性（行人、自行车、摩托或者巴士等等），能

够提供如人眼一般的感知能力，被称为“Digital Eye”。这是因为这样的特性，WARLORD 还能采集 3D 雷达图像。



* WARLORD 工作原理

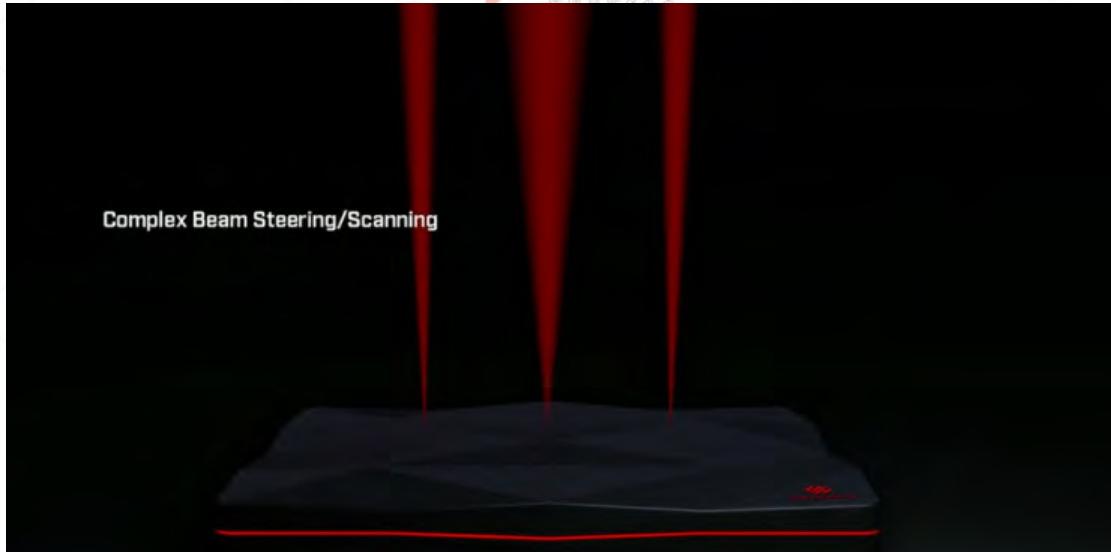
在车载毫米波雷达领域，目前大家的趋势都在往更高的分辨率上靠，其中带宽的增加便是其中一种方式，从 24GHz 到 77GHz，4 个 G 带宽的增加，成为了很多创业公司的发展方向。追求更高的分辨率，还有一种方法就是扩展天线的尺寸或者增加天线的数量，但是囿于主机厂对于毫米波雷达整体尺寸的车规级限制，这里的发挥空间并不大。Maha 采用的方法是把电磁波束紧紧地聚拢起来，让其能量集中在一处。而要实现这样的效果，在数字空间（Digital Space）是办不到的，只有在模拟空间（Analog Space）里才能做到。实际上，WARLORD 可以说是一款模拟波束雷达产品（Analog Beam Forming Radar）。

当然，SAR（Synthetic Aperture Radar，合成孔径雷达技术）技术也是毫米波雷达提升分辨率的一大重要杀器，但是用在车载雷达上还不是很成熟，国内厂商行易到正在进行相关的研发。

WARLORD 同样也内置了 SAR 的性能，分辨率能做得很髙。

Maha 进一步阐释了 WARLORD 的技术特性：

其一，采用可操控的天线。Metawave 采用的是单天线，而非天线阵列，同时接收也是单线的。这种天线由复合超材料结构而成，每一个超材料单元（Unit Cell）都有活跃组件能够参与波束成形，还能调整波束角度。这相较于如今大部分雷达用的多天线结构有很大的优势。Maha 欣喜地表示该技术已经拿下了专利。



其二，信号收发端进行了整合。Metawave 采用了英飞凌、NXP 和 TI 等 Tier 2 的芯片，并与他们进行合作，将天线和芯片组进行了整合。

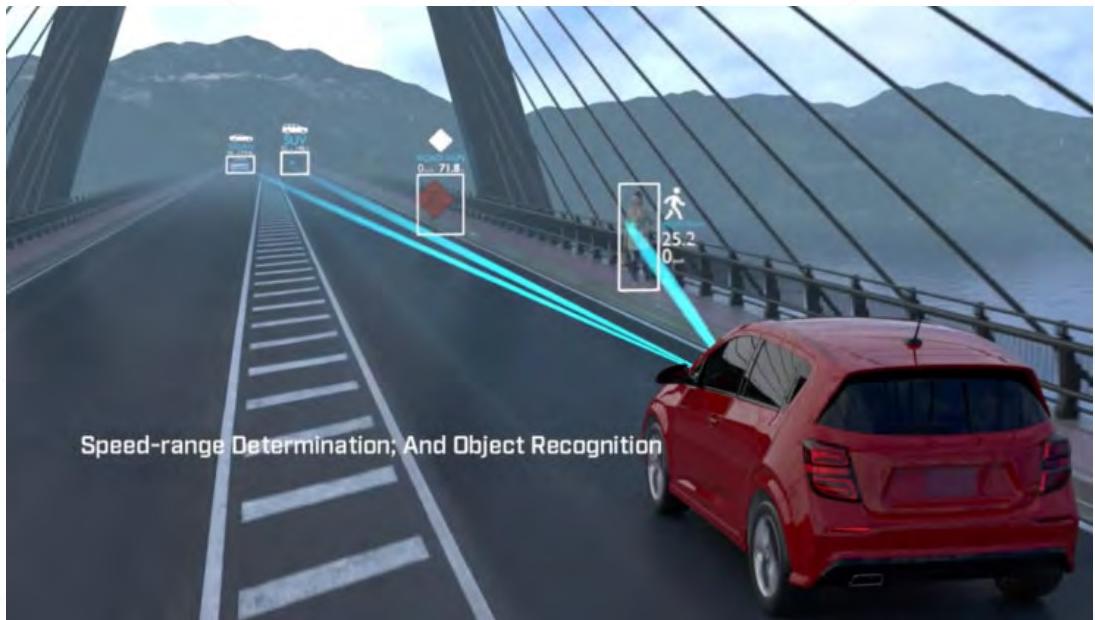
其三，优越的微控制技术。比如要控制天线探测前方的物体，追踪其距离、角度、速度以及运动的方式，同时还要判断这些物体的类别，最后还要把这些经过处理的信息传送给（自动驾驶汽车）的传感器融合单元，这对于微控制技术的要求非常高。Metawave 在该技术上有很深的积累。

前文所述的 WARLORD 要做障碍物的识别和分类，必然离不开 AI 技术。Metawave 便在其雷达产品中嵌入了 AI 引擎。

AI Engine

WARLORD 采用的 AI Engine 内置了多种算法，包括杂波干扰抑制算法、目标检测和跟踪算法等等，可以优化毫米波雷达的整体性能以及让其具备物体识别和分类能力。Maha 表示，对于毫米波雷达来说，和外界空间直接接触的是天线，如果可以在这个层面就进行前置分析，显然要优于将原始数据直接传到传感器融合单元再进行分析，因为可以大大降低传输的延迟。这一点对于自动驾驶来说尤为重要。

取代 LiDAR?



拥有远距离（250–300 米）的探测能力，同时具备优越的分辨率和高效的数据处理速度。毫米波雷达是否会削弱甚至取代 LiDAR 在自动驾驶汽车上的地位？

从一个物理学博士的视角，Maha 认为 LiDAR 对于自动驾驶汽车来说并非不可或缺。她表示，如果地图精度足够高，未来自动驾驶汽车上装配 4 个毫米波雷达、4 个摄像头便就足够了。其中，毫米波雷达负责车身 360 度范围以及上下角度的探测，摄像头则观察周围环境，再配合 AI Engine 一起使用。Maha 认为这样的方案 2030 年是有可能实现的。

目前，WARLORD 的整个基础硬件的性能可以满足 L2 的需求，再往更高级别（L4）走，内置的软件（算法）能力将会起到决定性作用。

发布、量产计划

当雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾向 Maha 询问更多关于 WARLORD 的产品技术细节时，她还是希望把更多悬念留到 2018 年 CES 的首秀上。

	Digital Beamforming (DBF)	WARLORD™
Beam pattern	"Diluted" omnidirectional beam (supports multi-beams)	Highly-directional pencil beam 1 deg beamwidth (multi-beams enabled by subarrays)
FOV and Range	+/- 6 deg at 200 m; +/- 30 deg at < 30 m	+/- 50 deg from short range – 250 m Horizontal & Vertical scanning/tracking
Speed of Operation	Milliseconds	Microseconds (μ sec)
Complexity	<u>Complex</u> : Needs RF translators, ADC and DDC	<u>Simple</u> : Patterned circuit board and varactors
Power Consumption	<u>Power hungry</u> : Watts	mW
Data Processing (8 x 8 array)	100 Giga Samples Per Second (GSPS) (Needs beefed-up NVIDIA GPUs)	<<1 GSPS
Signal to Noise Ratio (SNR)	At most 3:1 (resolution-dependent)	At least 30:1 at target
Supports high SNR and high resolution simultaneously	No	Yes

Maha 称，现在，已经有很多主机厂在等待他们的雷达产品，希望尽快拿到自家平台上进行测试。而且也在和一些自动驾驶企业进行合作的商谈，她表示 Metawave 原意探索一切的可能性。

这一点也体现在她对 Tier 1 的态度上，尽管这些供应商已经在毫米波雷达领域实力雄厚，但他们并不止出售雷达，而是提供 ADAS 整体解决方案，而 Metawave 期待的是未来将自家高性能的毫米波雷达提供给 Tier 1 作为其 ADAS 系统方案的一个传感器选项。毕

竟主机厂才掌握话语权，主机厂不会拒绝高性能的毫米波雷达。

Maha 正在谨慎地和 Tier 1 进行接触。

提及量产，Maha 确定地表示，Metawave 不会自建工厂，“永远也不会”，而且也不采取 License 的方式，因为这样收益周期太长。他们将找第三方工厂代工，规模仅次于富士康的代工厂伟创力（Flextronics）是选项之一，正密切接触。

2018 年 1 月亮相后，2018 年夏天就可以看到 Metawave 可用的毫米波雷达产品。

融资

毫米波雷达行业，资金异常重要， Metawave 今年 9 月完成了 700 万美元种子轮融资，其中上汽资本进行了投资。

之所以与上汽资本搭上线，是因为 Metawave 其中一家投资机构 Motus Ventures 投了汽车行业很多创业公司，这家投资机构介绍 Maha 认识了上汽资本的人，后者很快达成投资意向，3 个月后完成了所有投资流程。

Maha 透露，明年 CES、MWC 之后，将会开始寻找一笔大额的 A 轮融资，主要用于毫米波雷达的量产。

这家目前只有 10 人的创业公司，到底能否真正做出“令人尖叫”的产品，到 2018 年 CES 见真章。



独家|追追激光雷达，传感器领域老将 研发 30 年，即将发布 77Ghz 高分辨率 4D 毫米波雷达

作者：吴德新

导语：大家看到激光雷达领域比较火热，技术上不断有新的突破。而毫米波雷达这些年基本上没有大的创新，大家看到了瓶颈，却没有办法打破它。

位于俄亥俄州的小城代顿早年曾经是美国中部的硅谷。代顿是重要的物流集散地和制造业重镇，这里有极高的博士密度，还是美国航空业的发源地。

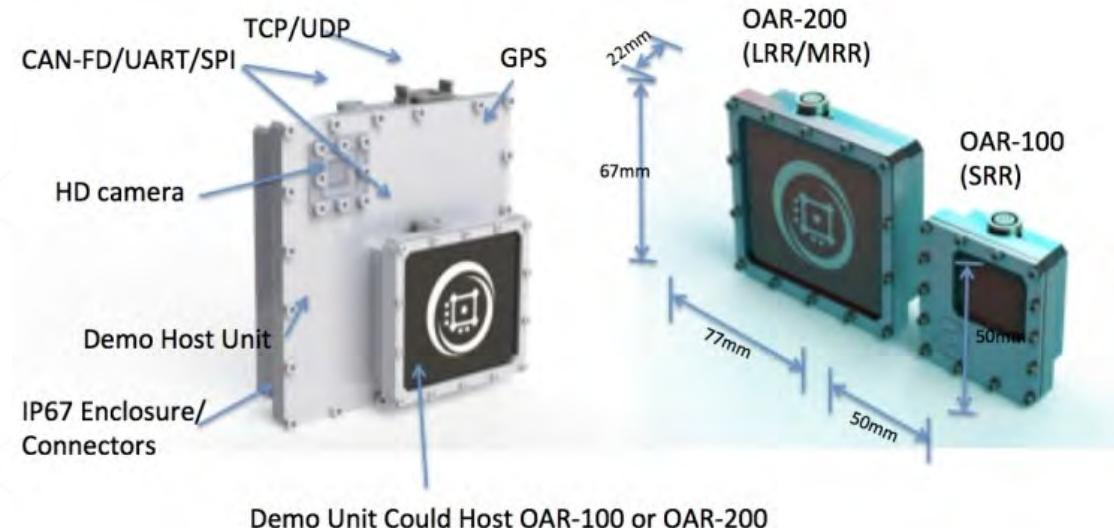
自从 1989 年开始，洪琅在代顿的莱特州立大学执教。因为制造业的繁荣以及当地的人才密度，几十年间大批创业公司涌现。洪琅执教期间主要做的就是雷达与传感器领域的研究。授课近 30 年，洪琅在学校培养了一大批人才，代顿周边不少的科技公司都有他的学生，有些甚至是他的学生创办的。

2014 年，在合伙人的鼓动下，洪琅思考要将过去的研究产品化和商业化，于是洪琅与合伙人 Steven Hong 以及他的学生一起成立了

传感器技术公司 Oculii（中文名叫傲酷）。Oculii 主攻毫米波雷达的研发。不到两年时间，Oculii 推出 24Ghz 毫米波雷达。

传统意义上，几个大的 Tier 1 垄断了毫米波雷达的大部分市场（Autoliv、Bosch、Continental、Delphi，简称 ABCD）。普通毫米波雷达对二维平面进行检测，并计算车辆的行进速度，这样的雷达称为“3D 雷达”。而 Oculii 产品其中一个特点是，内置多个维度的天线，输出数据包含 X、Y、Z 轴坐标以及速度。洪琅因此称，这是当时（2015 年）唯一可以商用的 4D 毫米波雷达。

再度相隔两年后，Oculii 研发的 77Ghz 雷达也即将量产。相比 24Ghz 雷达，77Ghz 产品体积更小，分辨率更高，更适用于车载与自动驾驶。



Oculii 的 77Ghz 雷达新品：OAR-200 用于 LRR 和 MRR（200 米之外）；OAR-100 用于 SRR（100 米之内）

洪琅告诉雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾，Oculii 的 77Ghz 雷达新品有几个特点：

- 4D，输出 X、Y、Z 坐标和速度矢量；
- 数据接口更加开放，这样有利于与其他传感器的融合与二次开发；
- 因为使用 TI 一款高集成度的芯片，Oculii 的 77Ghz 产品体积小；
- 高分辨率，并且 Oculii 计划通过自研的虚拟孔径技术在明年将 77Ghz 毫米波雷达的角分辨率优化到 1°以内。



下文是 9 月份雷锋网·新智驾对洪琅的采访整理。雷锋网·新智驾对采访内容进行了不更改原意的删减。

洪琅在这次采访里聊到了之前近 30 年的教学与研究，Oculii 现有产品的特性以及技术路径。

近 30 年的雷达研究

我是 80 年代从中国去美国留学的，1989 年开始在莱特州立大学教课，在美国已经待了 30 多年。莱特州立大学所在的代顿，早期可以说是美国中部的硅谷，它的博士人口密度当时是全国最高的。

代顿是莱特兄弟的老家，我们的大学莱特州立大学就是用他们的名字命名的，你可以想象这是美国航天航空的发源地。

我在莱特大学教书近三十年，附近的科技人员基本上都是我们学校培养的，很多公司的技术人员基本上都上过我的课。

我的专业背景一直是做雷达信号处理和控制方面的研究。因为雷达技术商业化的潜力很大，最近几年，我从教书、科研转到了创业。

我们团队里，我自己有差不多三十年的经验，COO Steven 是斯坦福的博士，2017 年被选为福布斯的 30 Under 30。所有的研发人员至少是硕士学位，有 6 – 7 个博士，整个团队里大约 1/3 是我的学生。



什么是 4D 雷达？

因为积累了几十年做各种雷达的经验，我们一开始就高举高打，直接推出了 4D 雷达。

4D 雷达什么概念？现在一般的雷达是把运动的车辆投射在地平面上，返回二维的坐标数据，加上一维的速度，所以大家说是 3D 的。

我们的 4D 雷达可以检测不同高度，不同水平面上的运动物体，比如说雷达在坡底下，车在坡顶上；因为车一动起来，所有周围物体

都是运动的，天桥、标志牌等等高处的物体都变成运动物体，我们要跟踪三维空间的所有运动物体。

传统的 3D 或者二维地平面空间加一维速度的雷达，把运动物体都投在一个平面上，会引出很多问题。比如前面有天桥，它是在地上还是在高处，3D 雷达分辨不出来。更不用说二维雷达数据和视频的融合，因为没有纵向坐标，融合就有一点困难。

2015 年推出 24Ghz 雷达

2015 年下半年到 2016 年的时候，我们推出了 24Ghz 雷达，针对智能交通 ITS。产品出来后，“4D”的优势就很明显体现出来了。比如它的安装就很随意，很方便。



ITS 产品要安装在道路的龙门架上，安装的时候整个交通都要堵起来。安装越快，影响就越小。因为我们的雷达跟摄像头做了融合，安装人员看到摄像头画面就可以安装调试，所见即所得，不然不知道这个雷达照在哪里。

因为 24Ghz 的雷达尺寸比较大，主要用于智能交通上。77Ghz 尺寸更小，而且性能好，测量范围更远，所以适合于车载。

目前 24Ghz 这块，还在继续量产，现在大概有几百万美金的收入。我们的 77Ghz 雷达马上也要推出来了。

4D 雷达与激光雷达的比较

我们引入的 4D 雷达有几个特点：

第一，它有三维坐标+速度；

第二，对用户开放数据，所以用户很容易根据我们的数据进行二次开发，特别适合与视频的融合；

第三，我们基于 TI 的单芯片开发，并且把 TI 原来设计的性能参数提高了 4 倍，所以体积小、功耗小、精度高。

跟 LiDAR 相比，现在毫米波雷达的测距精度已经基本可以与之媲美，我们雷达最高可以达到三米几厘米。LiDAR 不可以直接测量速度，但雷达可以直接测量速度，且精度很高，所以这点是天生优越的。

雷达唯一的明显弱势就是角分辨率低，LiDAR 的角分辨率可以做到很高。毫米波雷达为了增加角分辨率，传统做法就是增加雷达天线个数，但这会受到很大限制，比如体积上的限制。

但我们的做法是在不增加天线数量的情况下，采用软件虚拟的方法，计算获得多个天线的效果。总之，通过等效多天线来提高雷达的精度，我们目标是得到接近或等同 LiDAR 的角分辨率。

Oculii 的技术路径

刚刚讲到我们的几个特点，普通毫米波雷达只有二维平面的坐标，而我们有三维坐标。是因为我们有两组天线，横向天线和纵向天线，进行两个极性的扫描。

两组天线并不会增加成本，关键需要理解横纵坐标的关联性，做好里面的算法。可以说，要提高角分辨率和实现“4D”，最重要的是处理好信号之间的关联性，我们有一个专利就在这里。

在与视觉以及其他传感器融合这块，很多传统毫米波雷达厂商提供的是打包的方案，类似一个黑盒子，缺乏一些必要的接口，对第三方厂商来说很难做融合。而我们更开放。

激光雷达取回的坐标也是三维坐标，这时我们的雷达也是三维坐标，所以也很适合与激光雷达的数据融合。

最后是单芯片的部分，目前所有量产的雷达都是用多芯片，所以尺寸不能很小。

我们选择的是 TI 的一款芯片，这个芯片今年刚推出。我们把芯片的能量放大了，这个芯片原来只用于短距离雷达（SRR），我们放大之后可以用到中距离和长距离上（MR 和 LRR）。

Technical Specs

	OAR-100	OAR-200
Frequency	76-81 GHz	76-81 GHz
Detection Range	1-250m LRR	0.5-80m MRR
Range Accuracy	0.3 m LRR	0.1 m MRR
Range Resolution	1 m LRR	0.5 m MRR
Azimuth Angle Range	15 deg. LRR	50 deg. MRR
Azimuth Accuracy	0.3 deg. LRR	0.5 deg. MRR
Azimuth Resolution	2 deg. LRR	5 deg. MRR
Elevation Angle Range	20 deg. LRR	30 deg. MRR
Elevation Accuracy	0.3 deg. LRR	0.3 deg. MRR
Elevation Resolution	2 deg. LRR	3 deg. MRR
Max Speed Range	-320 to +160 kph	-320 to +160 kph
Speed Accuracy	0.1m/s	0.1m/s
Speed Resolution	0.3 m/s	0.3 m/s
Number of Trackable Simultaneous Targets	100	100
Cycle Time	50ms	50ms
Data Output Format	SPI/UART/CAN/CAN-FD	SPI/UART/CAN/CAN-FD
Modulation	FMCW	FMCW
Weight	150g	150g/100g
Dimensions (WxHxD)	67x77x22mm	67x77x22/50x50x22mm
Power Consumption	2.5W	2.5W/2.0W
Operation Temperature	-40~125 C	-40~125 C

Oculii 两款 77Ghz 雷达的技术参数

虚拟孔径技术，77Ghz 雷达如何做到高角分辨率？

除了 4D、数据融合、体积方面，我们的另一个方向是实现高清的角度分辨率，我们现在朝这方面努力。

我们会在今年推出 77Ghz 的雷达，预计会在明年推出角分辨率 1° 以下的 77Ghz 产品。

实现高角分辨率，也是我们专利之一。得到高清的角度分辨率，现在有几种方法，一种是增加物理天线，前面说了增加物理天线有很多限制。

还有一种就是用合成孔径的方法（Synthetic Aperture，简称 SAR），但这种情况下天线必须是运动的，它在运动的情况下采集若干相位，最终合成在一起。但对于车载来说，因为车辆的运动轨迹很难保持稳定一致，所以很难保持相位的关联性。

而我们的做法是用相位虚拟的方法，得到等效多天线的效果。从理论上来讲几根天线可以达到 100、200 个天线的效果，但因为会受到芯片性能及其他限制等，实际能做到几十根天线效果。所以我们目标是 1° 以下的角分辨率精度。

教书、科研和现在，我觉得非常大不同就是，我做这几十年会觉得书本的东西到实际是有相当大的距离。我们之前做研究项目，只要

科研做得好，资金是完全不用操心的。而我们现在要做量产化的的商用产品。

77Ghz 这块，我们现在刚出样品，在中国找合作伙伴或者 Tier 1 进行车规生产。今年 4 月，我们已经完成 A 轮融资，信中利、三星风投都投资了，联想 Commet Labs 也有参与。

我们看到中国市场现在是世界上最大的汽车市场，而且还在迅速扩大，特别对于 ADAS 的需求特别大，自动驾驶的技术需求也非常大。我们在中国已经设立了机构，也希望和主机厂、Tier 1 及自动驾驶技术公司广泛合作。

自动驾驶需要的传感器，**毫米波雷达**是很重要的一部分。任何传感器都不能相互取代，摄像头、激光雷达、毫米波雷达都会共存互补。大家看到激光雷达领域比较火热，技术上不断有新的突破。而毫米波雷达这些年基本上没有大的创新，大家看到了瓶颈，却没有办法打破它。

我们的目标就是打破瓶颈。毫米波雷达有全天候工作的优点，再通过技术弥补角精度上的劣势，可以发挥更大的作用。

光电行业老兵创办 Cepton，一年推出 2 款激光雷达，最远检测 300 米

作者：易建成

导语：这家成立于 2016 年的激光雷达公司，由 4 位来自斯坦福大学背景，并有丰富经验的半导体行业老兵创立。目前团队规模在 30 人左右，但还在快速成长。



外界最早知道激光雷达公司 Cepton，或许源自今年 3 月 *Theinformation* 上的一篇文章 [Key Sensor for Self-Driving Cars is in Short Supply.](#)

文章对 Cepton 的描述虽是一笔带过，但却十分有信息量：

Cepton 拥有多名来自 Velodyne 的工程师，颇为神秘。据可靠消息，Cepton 的激光雷达已经正式出货。

这家成立于 2016 年的激光雷达公司，由 4 位来自斯坦福大学背景，并有丰富经验的半导体行业老兵创立。目前团队规模 30 人左右，但还在快速成长。据雷锋网了解，Cepton 目前主要供货给美国硅谷、亚洲（日本、新加坡）和德国客户。今年 5 月，在英伟达 GPU 技术大会上，Cepton 还推出了远程广角激光雷达。

Cepton 的核心技术是激光发射和传感阵列——帮助激光雷达获得高分辨率图像。对于大部分激光雷达（尤其是旋转激光雷达）而言，垂直方向的分辨率一直是一个软肋，但 Cepton 激光雷达的垂直方向分辨率可以达到对手 4 到 5 倍。



Cepton 表示，他们的激光雷达产品功能类似相机或人类视觉系统，能将像素集中成前视视角。而其他激光雷达产品依然在采用 360 度视角。

「这种新的解决方案更能满足未来自动驾驶汽车的需求，因为人们不喜欢车顶上有一个不停旋转的传感器。」Cepton 联合创始人兼 CTO Mark McCord 此前在接受媒体采访时表示。

Mark McCord 曾是斯坦福大学教授，在 Linkedin 上，他是这样介绍自己的：纳米技术、纳米制造、电子光学领域的专家，核心优势是将前沿研究转换为实际产品。在与其他联合创始人创办 Cepton 前，他曾在全球前十大 IC 设备生产厂商之一的 KLA-Tencor（科磊半导体）担任研发负责人。

按照计划，Cepton 将在 2018 年完成车载激光雷达的可靠性测试，2019 年开始与汽车厂商进行联合系统验证。Cepton 有自己的生产工厂，同时也正在寻求合作伙伴生产激光雷达，最终与它携手的可能是一级供应商或是代工厂。

今年 9 月，Cepton 在全球最大车展之一的法兰克福车展亮相。在这期间，Cepton CTO Mark McCord 向雷锋网谈起 Cepton 目前在激光雷达领域的进展。

犹抱琵琶半遮面，这是 Cepton 给人的整体感觉。就连 Mark 自己也承认 Cepton 是一家非常低调的公司。比如，这家公司的 CEO 就颇为神秘，你甚至找不到他的相关资料；由于 Cepton 申请的五项核心专利需要「自申请日起满 18 个月才能对外公布」，所以我们这一次并没有谈到太多技术细节。



System Parameter	HR80T (Telephoto)	HR80W (Wide Angle)
Pixels/Lines	80 x 80	160 x 64
Detection Range (m)	1 ~ 300	0.5 ~ 150
Distance resolution (cm)	2.5	2.5
Angular Resolution (deg)	0.19 x 0.19	0.38 x 0.38
Field of View (deg)	15 x 15	60 x 24
Frame Rate (Hz)	10	10
Data Rate (points per sec)	64000	102400
Power Consumption (W)	24	15
Operating Voltage (V)	9 ~ 18	9 ~ 18
Operating Temperature (°C)	-20 ~ 65	-20 ~ 65
Dimension (mm)	143 x 120 x 154	102 x 102 x 117
Weight (kg)	2.5	1.8
Environmental Protection	IP67	IP67
Laser Wavelength (nm)	905	905
Laser Safety	Class-1 eye safe	Class-1 eye safe
Output	100 Mbps Ethernet, UDP Packet Synchronized Timestamps Position, Distance, Intensity	100 Mbps Ethernet, UDP packet Synchronized Timestamps Position, Distance, Intensity
Developer Platform Support	Linux (Ubuntu, Fedora), Windows, Mac OS X Native Python Bindings Robot Operating System (ROS) NVIDIA Drive PX2, Jetson TX2	

*Cepton 目前推出两款产品的相关参数

以下是雷锋网与 Mark McCord 的对话实录（有删减）：

谈团队

雷锋网：介绍你们的团队。

Mark McCord: 我们的核心团队是由 4 个毕业于斯坦福大学电机系、电子工程系的人组成，所学专业与电子光学相关。我们在这个行业待了差不多 20 年。

Cepton 是一家非常低调的公司，我们的目标是将产品拿出来销售，然后赚钱。现在我们已经有了营收。

雷锋网：Cepton 的产品已经开始对外销售，目前你们的产品除了用在自动驾驶，还应用在哪些方面？

Mark McCord: 自动驾驶领域很少，实际上一半以上是这个领域以外的。激光雷达很有意思，我们的产品卖 6999 美金，利润 (margin) 非常高。所以从这个角度上来讲，赚钱是公司的第一位，能赚钱说明可以占据市场。

凡是激光雷达应用的行业我们现在都有切入，包括安防系统、机器人、铁路、测绘等领域。Cepton 成立一年零一个月，还不能说有成规模的应用。我认为需求量在千台以上才叫「成规模。」

雷锋网：如何看待对自动驾驶这个市场？

Mark McCord: 我觉得自动驾驶市场，就像共产主义，是一个非常理想化的东西。

在汽车行业，我们希望先从主动安全系统（active safety system）切入，之后再切入全自动驾驶汽车（full autonomous vehicle）。

马上做一个完全自动驾驶汽车能在中国、印度的路上行驶，我觉得挑战性相当高。但为汽车开发一个主动安全功能（active safety feature），我觉得现在的技术已经到位。而且，等我们的产品变成车规级，用在主动安全系统上，我相信很多人会从中受益。

雷锋网：你们当初是怎么发现激光雷达这个市场并决定创业的？

Mark McCord：我的一个合伙人是非常资深的雷达行业从业者，当时有一个机缘，一个大公司请他去担任激光雷达顾问，主要工作就是去全球寻找又好又便宜的激光雷达。当时他花了大量时间，却始终没发现「又好又便宜的激光雷达」。这让他看到市场上有一个真空，后来我们一拍即合就创业了。

Cepton 创立的初衷是想做一个「又好又便宜」的激光雷达，我们第一步就是在一年以内将这个产品做出来并对外销售，现在已经实现了这个目标。

雷锋网：为什么当时没有「又好又便宜的激光雷达」？有哪些因素制约？

Mark McCord: 在创业的过程中，我们发现激光雷达还是有一定的门槛。你需要很懂技术，要有资金，要有合适的人，还要有一定对应的市场支持你。

这些条件，可能在过去，在 2015 年以前都不具备，能把这些东西凑到一起不是特别容易。

雷锋网：Cepton 的产品是安装在车顶还是哪里？

Mark McCord: 这个要根据不同要求。360 度成像只有一个地方可以安装，就是车顶。但安装在这个位置会存在几个问题：一是影响整车的美观度；二是破坏整车的流线型；三是放在车顶会存在限高和盲区问题。



所以我们不觉得 360 度（旋转激光雷达）在将来是趋势，而是类似摄像头固定在汽车某一个位置才是。等到激光雷达成本降低、体积变小的时候，这种激光雷达可以安装在车身不同的位置。比如，车灯或是后视镜里。

谈合作伙伴

雷锋网：目前有哪些能公开的汽车方面的合作伙伴？

Mark McCord: 因为我们这个产品已经开始对外销售了，已经被一些主流的客户接受成为他们下一代汽车激光雷达，所以这是一个挺重要的事情。

我们现在完全是互相保密的阶段，目前能透露的是汽车合作伙伴还在合作过程中。

雷锋网：比如汽车行业的合作伙伴，使用 Cepton 的产品或者测试之后，有怎样的反馈？如何优化产品，更符合他们的需求？

Mark McCord: 大部分是产能的反馈，比如一天能做几个。

我们下一步，到底是建一个大工厂，还是与一个像富士康一样的公司合作代工，现在已经在讨论阶段了。但具体什么结果，我现在还不好公开。具体产量是多少不能跟你说，目前比较敏感。

雷锋网：说到一些合作伙伴，可能比较关注于你们的产能如何。难道他们不关心产品性能？

Mark McCord: 性能当然会关注。作为硅谷的新创公司，第一个要做的，永远是产品性能，如果性能不能比其他家好，那这个公司就没有再运作的必要。

目前哪个激光雷达可以测 300 米？哪个激光雷达有 0.2 度的水平与纵向分辨率？在这方面，我们已经处于领先地位。

雷锋网：一些汽车行业的合作伙伴，他们对体积有什么样的要求？

Mark McCord：如果你问任何一家车厂或者是 Tier 1，需要做多大的激光雷达就满意？他会说做到蚕豆大小。但有很多技术原因使得我们目前做不到这么小，这种问题很难说有一刀切的回答，他们的答案永远是越小越好。



雷锋网：可否讲讲 Cepton 与 Clearpath Robotics 的合作？

Mark McCord：这已经触及到了汽车领域以外的应用，Clearpath Robotics 是做机器人的，这个大行业我们也很看好。

作为一个三维传感器，激光雷达有很多应用，我们与 Clearpath Robotics 也是刚刚开始合作。他们有两个部门，一个部门是代理，

在日本，新加坡、北美这些地区代销我们的产品。另一部门是我们有一些项目在合作。

谈产品

雷锋网(公众号：雷锋网)：Cepton 的激光雷达是什么技术路线？

Cepton 用一种 Micro-motion 来替代旋转部件，能具体介绍这种技术吗？

Mark McCord：我们的技术路线与 MEMS 是最相近的，但又不是 MEMS。Micro-motion 就是微动原理，但我们没有采用一个 MEMS 的器件，我们全是用自己的器件来开发的。

Micro-motion 就是我们自己的发明，去年公司成立的时候，有五项在美国申请的专利。由于专利批下来需要一段时间，一般是 18 到 24 个月，所以在专利没下来以前，我们还不能对外讲这些专利细节。

Micro-motion 到底是怎么做的，还请耐心再等 6 个月，到时候我们可以一起讨论。这是一个挺有意思的过程。

雷锋网：Cepton 推出两款产品，一个是 80T，一个是 80W。能否简单介绍？

Mark McCord：T 是 telephoto lens（望远镜头），W 是 wide-angle lens（广角镜头）。T 代表看得远（300 米），分辨率高；广角代表看得宽，但是它看不了那么远（150 米）。

雷锋网：产品逻辑上，为什么从一开始会设计长距离和宽视野两个版本？这样做的好处是什么？

Mark McCord：与照相机是一个道理。你出去照相的时候，要带两个镜头：一个是广角镜头，一个是长焦镜头。前者能看更宽的视场，后者可以调焦看到很远，这两者是一个非常自然的结合。

雷锋网：接下来还会有哪些产品？

Mark McCord：我们的技术路线是这样的：第一是性能，第二是体积，第三是成本。我们会针对这三点进行产品迭代。

雷锋网：Cepton 激光光源用的是 905 nm。据我们了解，要用 1550 nm 的激光光源才可以探测到 300 米。Cepton 的产品可以做到探测距离 300 米，这个距离是怎么做到的？

Mark McCord：激光雷达分两部分，一是发射部分，二是接收部分。

发射部分，因为在 905 nm 的范围内对人眼安全有要求。所以发射的功率都是一样的，没什么创新可做。能发挥的就是接收部分，谁

能把这部分做得更灵敏，把太阳光去掉，把杂质压到最低，能有更巧妙的算法算出点云。这些才是关键。

为什么有人说要做 1550 nm，因为它对眼睛是安全的，可以发射无穷功率，但成本摆在那里。

我们做的是一个在眼睛安全的情况下，把所有的功夫都花在怎么做探测上，如何用最好的办法把所有有效的光吸收起来，变成有效的电信号，然后取出点云数据，算出精确的距离。这个关键在于接收部分。



*图片来自 Cepton 官网

雷锋网：你们提供的是激光雷达解决方案，除了硬件，还向客户提供哪些软件？

Mark McCord：我们是一个硬件公司，这并不是说我们没有软件能力，我们有自己的软件团队。

作为一个传感器公司，我们最注重的是「什么情况下能赚最多的钱。」答案显而易见，就是卖传感器。目前我们的一些辅助软件是免费赠送的。所以，在商业上我们重点还是硬件。

雷锋网：作为一家硅谷公司，未来有打算进入中国市场？

Mark McCord：我们现在的侧重点还是在美国、日本和欧洲市场，对于中国市场还会再缓一缓。

首先，我们产能有限；第二，如果我们搞定比如日本，德国这些车厂，就能起到示范作用，到时中国车厂自然会跟进并且接受我们的产品。



挑战巨头市场，将毫米波雷达成本降低一半，这家芯片公司靠什么继续通关？

作者：张梦华

导语：“做 77GHz 的毫米波雷达核心芯片，是我们未来五年不变的主线。”



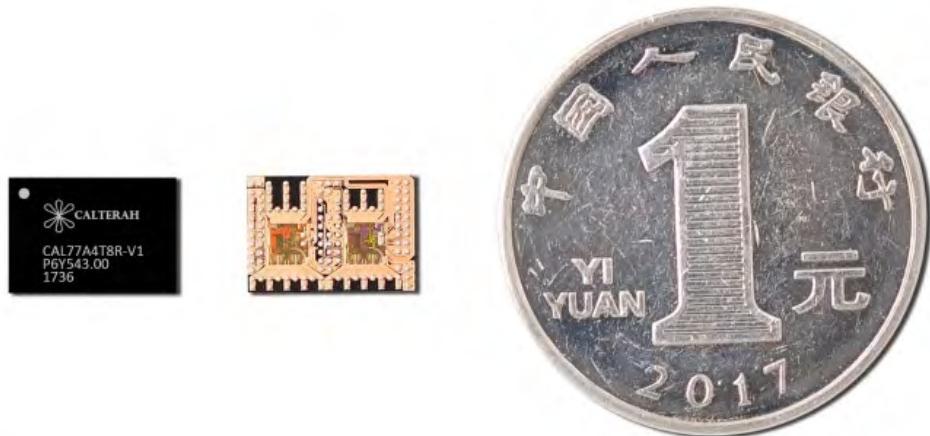
10 月 25 日，毫米波雷达芯片供应商加特兰在上海开了第一场产品发布会，与业内多数科技公司相比，发布会场面算不上宏大，但对这个 30 多人的团队来说，却是一个重要节点，因为这个成立 3 年的公司发布了自己第一批正式量产的毫米波雷达芯片。

此次发布的产品主要有两款：用于车载毫米波雷达的 77GHz 芯片——Yosemite (2T4R)、Yosemite (4T8R)，和用于工业级消费市场的 60GHz 芯片 Yellowstone。

毫米波雷达芯片向来是巨头的战场。国内或国外，英飞凌、恩智浦几乎占据绝大部分市场。下游供应商不缺少芯片来源，但造价低的芯片仍存在巨大市场缺口，这也是加特兰的切入点。

从功能上来讲，这两款芯片与市面上的芯片区别并不明显，但因为使用了数字模拟电子产品芯片里大量使用的标准 CMOS 工艺，成本降到了原来 SiGe 芯片组的二分之一到三分之一。

根据雷锋网的了解，目前， 国际上车载毫米波雷达的重要玩家主要是博世、大陆、德尔福、海拉这些大的 Tier 1 厂商，一般的小型硬件供应商，在芯片供应商面前议价能力较低，首先在成本上就已经丧失与第一梯队竞争的优势。降低芯片成本，也正是其重要诉求所在。



*加特兰的 Yosemite (4T8R) 芯片

77GHz 毫米波雷达芯片，未来五年不变的主线

做更廉价和高集成度的毫米波雷达芯片，是 3 年前陈嘉澍在创业之初为公司做出的基本定位。



2014 年，从加州伯克利大学博士毕业的陈嘉澍结束在硅谷一家通讯公司 3 年的职业经历，回国创业，在此之前，他对创业方向与国内市场都做了详细的调研。

因为多年来一直从事毫米波芯片研究，并持续看好这个领域，在他的计划里，下一步自然还是继续沿着自己擅长的方向走，做毫米波雷达芯片。

在国内，ADAS 和智能驾驶热度逐年攀升，尤其前者，无论业内对 L3、L4、L5 的争议如何激烈，但几乎没有人再对 ADAS 的应用普及存疑，标配 ADAS 功能是近两年汽车生产的普遍趋势。

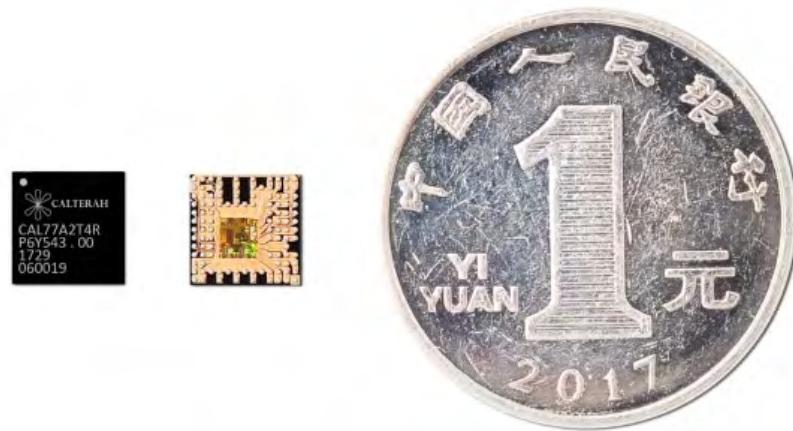
因为造价远低于激光雷达，探测精度高，体积小，且受天气影响少，毫米波雷达一直是 ADAS 不可替代的配置之一。在 ACC、AEB、盲点监测等功能搭建上，毫米波雷达都是重要的硬件支撑。而比起还处于将来完成时的 L4、L5，ADAS 又是可以立即投入量产的应用，这也是陈嘉澍和很多 ADAS 创业者看好这一领域最重要的一点：快速商业化的预期。眼下，毫米波雷达多装配于高端车，中端车、低端车市场正处于刚刚开启阶段。

“过去几十年，车上的电子部件芯片总比重几乎没有变化，直到智能行业出现。未来车上的芯片比重会越来越大，这是非常大的机会。做 77GHz 的毫米波雷达核心芯片，是我们未来五年不变的主线。”陈嘉澍解释道。而仅以目前来看，芯片就已经占到毫米波雷达总成本的 70%。

“从发展趋势来讲，现在很多主机厂希望一辆车上装配 5 个毫米波雷达，1 个中长距的，往前看的，车辆四个角各一个中短距的，这样基本可以实现 360 度的覆盖，形成防撞系统和变道辅助系统。”2020 年，全球车载毫米波雷达出货量预计可达到 7200 万

颗。若按照 30% 的 ADAS 渗透率来预估，三年后，仅国内出货量就可达到 4500 万颗，市场规模超过 200 亿。

同时，在 60GHz 的毫米波雷达方面，近两年大热的无人机、机器人也在为其提供充分的应用场景。



*加特兰的 Yosemite (2T4R) 芯片

芯片的工艺节点

如何在实现高集成度的情况下，大幅度降低成本，加特兰的解法是用数字模拟电子芯片市场上大量使用的 CMOS 工艺，替代目前毫米波雷达芯片采用的锗硅工艺，并将射频、模拟及混合信号模块全部集中到一个芯片上，单芯片替代多芯片之后，因为不需要多余的连接，系统版型设计更为简化，集成度也更高。

“CMOS 的工艺节点在不断演化，每两年会有一次更新，这是摩尔定律。10 年前，我们还停留在 90 纳米、130 纳米，而今天则是 10 纳米。CMOS 工艺的 feature size 越来越小，所以工作频率越来越高。其工艺节点还停留在 90 纳米的时候，不具备工作在 77GHz 的可能，而在硅工艺上加上一种比较昂贵的化学元素“锗”，可以使器件的速度提高 3 倍以上，因此过去很长一段时间内，毫米波雷达芯片均采用锗硅工艺。”

“2010 年以后，CMOS 工艺进入 45 纳米节点，晶体管 f_t 接近 200GHz，工艺本身已具备实现 77GHz 电路的可能。”陈嘉澍认为，正是 CMOS 的这种制程演化给了加特兰入场的机会，而提前完成 CMOS 毫米波集成电路研发的团队组建，也为公司在之后的竞争中赢得了更多主动。

直至现在，进行毫米波雷达芯片研发的创业公司仍然非常少见。一方面巨头把占市场，新兴公司不容易闯入；另一方面，国内外从事毫米波芯片研究的人才非常难寻，团队组建难度较高。加特兰的团队由陈嘉澍与来自硅谷的几位合伙人共同搭建，三年多的时间才逐步扩充到今天的规模。

研发之后

要量产 77 GHz 和 60 GHz 的高频率芯片，对电路设计也提出了非常大的考验。那么，如何证明加特兰使用 CMOS 工艺的芯片也可以实现锗硅同样的性能？

“你可以直接去测试。”面对雷锋网的质疑，陈嘉澍的回答非常干脆。

一年多之前，加特兰开始陆续引入近 10 家下游合作伙伴，用样品与后者搭载系统原型，不断做调试。2018 年，其合作的部分毫米波雷达硬件就将投入量产。不过，问及合作伙伴名字，陈嘉澍表示眼下还不方便透露。



车载芯片的研发过程中，关卡比比皆是，例如，如何使芯片符合零下 40 度到 125 度的车规级标准，陈嘉澍坦言，仅在这方面，团队就花了一年多时间做测试迭代修改。

此外，芯片制造前期需要的资金规模巨大，其量产的一次性投入可能就高达百万美金，并且回报周期也比一般行业要长很多。

科技公司要具备很好的融资能力，这几乎是业界共识。2014 年底，这家初创的芯片公司收到了华登国际和矽力杰的一笔天使投资，今年上半年，来自中关村兴业和峰瑞资本的 A 轮投资则为团队又“续了一次血”。

对于加特兰这样的创业公司来讲，实现第一代芯片的量产只是初步完成了从零到一，如何让产品实现更高可靠性、打入更多主流 Tier 1 厂商，是团队需要持续努力的方向。技术的迭代是一项没有通关的游戏，这一点，大多数科技公司都明白，陈嘉澍也明白。



Velodyne 多线开火：原工厂产能提升至 4 倍，最终要年产百万台激光雷达

作者：吴德新

导语：相比去年，因为行业老大 Velodyne 的大幅产能提升以及速腾聚创等国产激光雷达进入量产化，激光雷达的紧缺状况已经有很好的改善。

2017 年自动驾驶技术继续往前高速发展，激光雷达厂商成为最重要的推动者和受益者。相比去年，因为行业老大 Velodyne 的大幅产能提升以及速腾聚创等国产激光雷达进入量产化，激光雷达的紧缺状况已经有很好的改善。



上周 Velodyne 总裁兼 CCO Mike Jellen 与新上任的 CFO Bob Brown 来访国内，雷锋网 · 新智驾（公众号 AI-Drive）趁这个机会与他们聊了聊这家行业老大哥在新工厂、新产品线以及固态激光雷达方面的进展。



Velodyne CFO Bob Brown (左) 以及总裁兼 CCO Mike Jellen (右)

恰好在采访前 2 天，新智驾拜访北京一所高校的自动驾驶开发团队，一名团队负责人告诉我们：Velodyne 前不久一下子“还清了”他们二十多台激光雷达的订单——这样的情况正在全球范围内发生。

- Velodyne 位于 San Jose 的新工厂今年 4 月份投入运营，不过与外界一般的认知不同，Velodyne 目前出货量最大的 VLP-16、HDL-64 等成熟产品线并未在新工厂生产，这些产品的产能提升主要来自原有 Morgan Hill 工厂的自动化以及供应链体系的改善。

- Velodyne 的新工厂将主要生产 Ultra Puck 产品线（VLP-32A 和 VLP-32C）、固态激光雷达 Velarray 以及未来更高性能的新产品。
- Velodyne 在 7 月份公布了与一级供应商 Autoliv 的合作，两家会在 2018 年开始到 2020 年陆续量产车规级激光雷达，Velodyne 后续也不排除将会与其他供应商合作应对 OEM 的需求。

以下是雷锋网 · 新智驾整理的采访实录，其中 Mike 代表 Mike Jellen，Bob 代表 Bob Brown。

新智驾：可否介绍一下新工厂的状况？



读懂智能 & 未来

Bob：今年 4 月份我们的新工厂就开工了，现在主要在做最新的一些产品。我们内部叫这个工厂 Megafactory，我们希望最终达到年产 100 万台激光雷达的目标。

两个工厂的分工是，原来位于 Morgan Hill 的工厂会继续生产已有 16 线、32 线、64 线的产品，而位于 San Jose 的新工厂目前以生产新产品线 Ultra Puck 为主。

新智驾：这样说来新工厂并不生产原来 16 线、32 线、64 线的产品，但从外界的反馈来看，这部分产品线的产量似乎有很大提升？

Mike：目前我们的产能已经达到了去年的 4 倍，其中包括 Morgan Hill 工厂的大幅产能提升，我们也发布了 Ultra Puck (VLP-32) ， Megafactory 以后会主要承担 Ultra Puck、Velarray 以及我们明年会公布的新品的生产。

Morgan Hill 的产能提升主要是我们引入机械臂大幅提高了生产的自动化程度，另外供应链方面，当我们需要达到 4 倍产能时，供应商也有很多工作要做。

自动化的部分，最主要的是激光发射器和接收器的校准。

VLP-32A/C



- **32-channels**
Dense Channel Distribution on Horizon
- **Range = 200 m**
- **Vertical FoV:**
A: 28° (+14° to -14°); 200m @ 60-75% reflectivity
C: 40° (+15° to -25°); 200m @ 20% reflectivity
- **Target Operating Temperature: -20°C to +70°C**

 A Samples Currently Available

*VLP-32 的详细规格

新智驾：目前 Velodyne 各个产品线的交付周期是怎样的？

Mike：VLP-16、HDL-32、HDL-64 的交付周期大约是 4 周，而我们的新产品线 Ultra Puck 交付大约是 8 –12 周。应该说我们现在的产能已经能够满足市场需求。

新智驾：Velarray 开发状态现在是怎样的，此前提到过年内会有一些样片？

Mike：是的，眼下我们就在为早期的生产工作做准备，可能会在接下来的展会中向一些重要的合作伙伴展示一些关键的 demo。

新智驾：能详细说明一下 Velarray 的规格吗，比如线数以及角分辨率？

Mike：Velarray 的线数是可定制的，它的水平可视角是 120°，垂直则是 35°，垂直和水平的最小分辨率都是 0.1°。

新智驾：Velarray 的线数可定制具体是怎样的？

Mike：按照在车上的应用来说，ADAS 可能需要很远的探测距离，并且视野要大，检测的密度也要高；而一些备用的传感器（backup sensor）需要的分辨率可能就不用那么高了，这时候线数就可以相应降低。如果用户需要，Velarray 最少可以是单线的。

新智驾：7月份Velodyne公布了跟Autoliv的合作，其中提到了Velodyne的Tier 1 Program，可否详细介绍一下双方的合作和Tier 1 Program？

Mike：我们之前对外公布了Tier 1 Program，Autoliv是其中一个重要的合作方。Autoliv拥有遍布全球的生产能力，它在汽车安全电子开发上也是非常领先的，我们的合作会在2018–2020年之间开始量产激光雷达。

在Tier 1 Program中，Velodyne提供核心的激光雷达技术和嵌入式软件，Tier 1则针对不同OEM的需求整合不同的产品，并且完善软件端的工作（比如激光雷达与中央控制器的通信）。



未来的汽车上，安装在不同位置不同应用的激光雷达，会有不同的封装要求。与Autoliv的合作，使得我们可以聚焦在激光雷达的核心能力上，而他们则专注于满足OEM的需求。

眼下我们正在跟几家Tier 1沟通，因为不同的OEM客户针对激光雷达不同的需求，我们有可能在后续的时间里公布新的Tier 1合作伙伴。

新智驾：在产能大幅提升后，Velodyne有没有计划降低现有产品的价格？

Mike：未来随着出货量增长，我想你们会看到价格随着规模曲线变化，同时大家也会看到更高性能的激光雷达产品。

新智驾：根据此前获知的消息，Velodyne 计划今年交付 5000 台左右的 VLP-32C，这部分产品的价格会在 500 – 1000 美金之间？

Mike：VLP-32C，也就是 Ultra Puck。5000 台左右是一个大致范围。

针对价格，我们对应有零售的价格，也有汽车级的采购价格，我们非常乐于为那些有长期规划量产应用激光雷达的厂商提供最好的价格。

新智驾：Velodyne 现在的产品线既有 64/32/16 线，也有 Velarray，此前提到过 128 线以及能够采集 RGB 信息的 Puck 3D，整体产品线是怎样规划的？

Mike：Velodyne 正在开发并且会持续推出越来越多的产品。整体上，无论客户需要窄视野的 Velarray 产品或者是 360°环形视野的产品，无论是 32 线、64 线还是 96 线，本质上都是不同的配置。今天我们已经有 Ultra Puck——VLP-32，我们的 400 多名员工未来会继续满足市场需要的技术需求。

新智驾：去年 Velodyne 在中国有将近 1500 万美金的营收，今年的增长情况如何？

Mike: 我们对于中国市场的增长非常满意。除了我们自己的销售，我们也非常高兴看到阿波罗计划，后者正在加速这个市场。

新智驾: 今年你们有看到什么比较有意思的新应用吗？

Mike: 今年我们看到一些 AR 的应用，将虚拟世界和现实世界联系在一起。无论在室内还是室外环境下，Velodyne 的 3D 建模能力都很强，这种娱乐应用让我觉得很有意思。此外，我们还看到安防机器人和零售机器人方面的应用。

新智驾: 今年 Velodyne 全球大约有 1.5 亿美金的营收，能讲讲营收的构成吗？

Bob: 我们不会公布营收的明细。但在北美、欧洲和亚洲几个重要的市场都增长迅速，Mike 和我这次来中国也是拜访重要的客户。

新智驾: 此前媒体有报道，Velodyne 在明年或者后年有可能 IPO？

Bob: 我们还没有明确做出上市的决定。我们会尽可能地满足客户的需求，我们的业务也会随之增长，是否上市也会随着业务发展和业务诉求自然地做出决策。

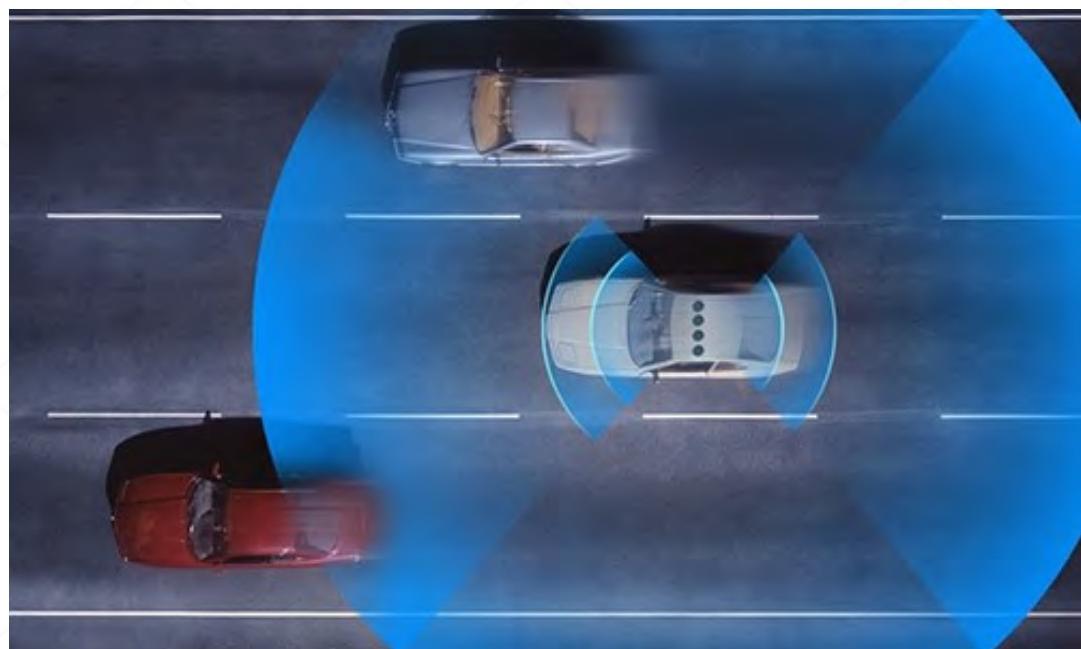
推多激光雷达耦合：是速腾聚创的一小步，也是自动驾驶民主化的一大步

作者：新智驾

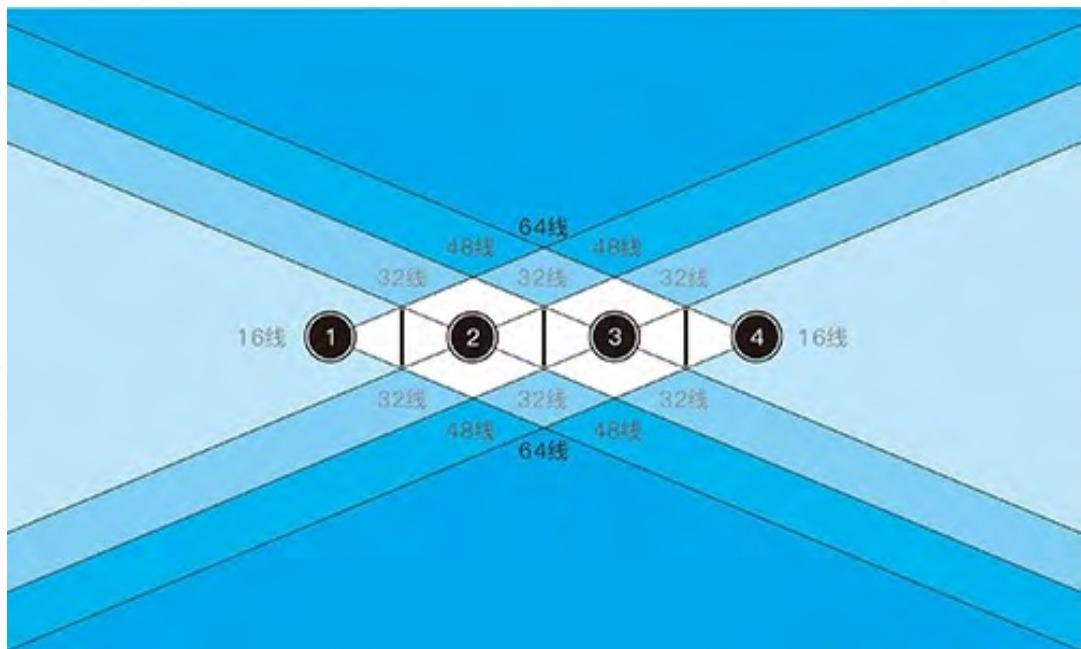
导语：相比单个 64 线激光雷达，标准版耦合方案（4 个 16 线）的优势有哪些？

在刚刚结束不久的 CES Asia 上，来自深圳的激光雷达解决方案提供商速腾聚创向外界展示了一套针对高速公路环境下的多激光雷达耦合解决方案。

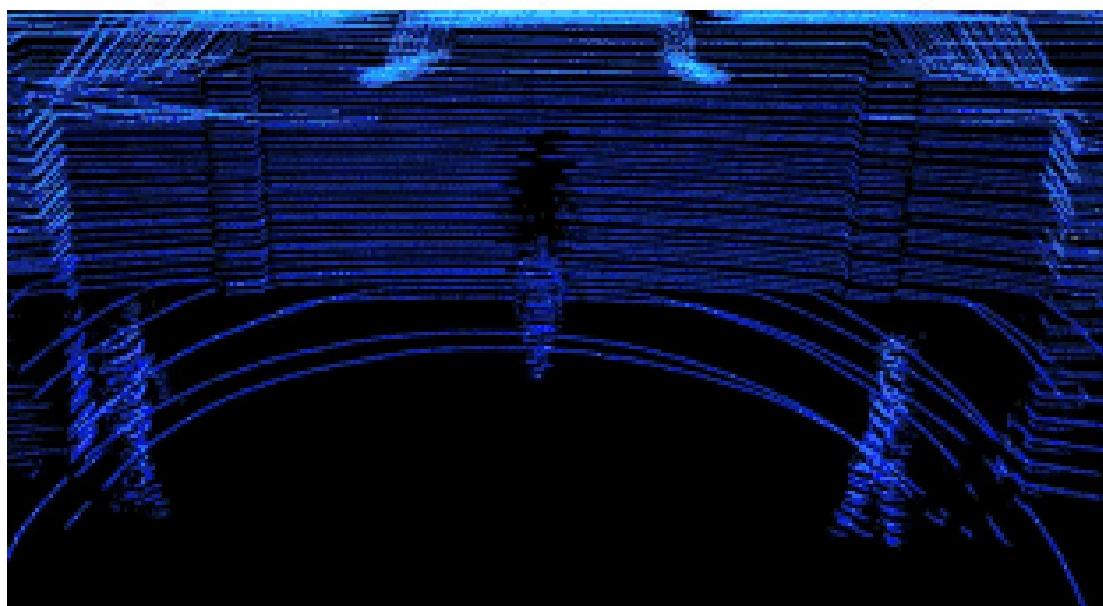
据了解，多激光雷达耦合是指多个混合固态激光雷达经过合理设计布局，通过激光雷达联合标定以及数据同步处理，达到自由组合混合固态激光雷达点云密度变化的目的。



*应用效果展示：更关注前后方的点云密度



*线束分解：根据雷达阵列排布，以上是不同角度的雷达线束密度分解



*多个 16 线激光雷达耦合进行的演示效果

这是一套为了缓解自动驾驶技术公司无法使用价格高昂、高线束的激光雷达而推出的激光雷达耦合方案，标准版为 4 个 16 线激光雷达。

参数



激光雷达数量	.....	4个 (标准版)
激光等级	.....	Class 1
线束	.....	正前/后: 64 左/右: 16
测量距离	.....	150米
测量精度	.....	±2cm
出点数	.....	1 280 000pts/s
垂直测角	.....	31.5°
垂直角分辨率	.....	0.5°
防护安全级别	.....	IP67
规格	.....	Φ100mm*107mm (单个)
重量	.....	0.6kg (单个)
采集数据	.....	三维空间坐标/反射率

相比单个 64 线激光雷达，标准版耦合方案（4 个 16 线）的优势有三：

- 一、其价格为 64 线激光雷达的四分之一；
- 二、在性能上能够实现高速自动驾驶实际使用所需的相同点云密度，其测量距离达到 150 米（同等产品的测量距离为 120 米）；

三、这套方案可以根据合作伙伴的不同需求进行拆解组合，以适用于不同场景。

既然如此，为什么包括全球激光雷达服务提供商 Velodyne 却更多提供单个 64 线方案？这其实是两种路线甚至是阵营之争。

众所周知，激光雷达堪称是撑起自动驾驶的半壁江山。要知道，没有这个传感器，自动驾驶汽车就如同缺少了一双观察外部世界的「眼睛」。

谷歌最早在其无人驾驶原型汽车中使用的 64 线激光雷达由 Velodyne 开发，单个定制的成本在 8 万美元左右。

雷锋网(公众号：雷锋网)此前曾报道：以 Velodyne 生产的 64 线激光雷达调教为例，每一条线都有一对激光发射器和接收器：20 圈每秒的速度旋转，放出的激光要达到 120 米的距离。在组装过程中，为保证发射出去的激光要被成对的接收器收到，不能有任何偏差。在这种情况下，64 线雷达一个星期只能完成两台成品。这样的组装和调校过程极其复杂和耗时。

此外，一位业内知情人士曾透露，去年福特和百度 1.5 亿美元投资 Velodyne 后，后者几乎买断了 Velodyne 在市场上的 64 线激光雷达。这不仅变相阻碍了整个自动驾驶行业的发展，也让大部分公司无法掌控无人车的开发和测试节奏。



来自硅谷的自动驾驶初创公司 Drive.ai_{雷锋网}代表的则是另外一种思路。

这家公司的核心部件是车顶的传感器阵列：包括 6 个激光雷达、9 个高清摄像头和 2 个雷达。Drive.ai 使用的“4 个激光雷达（中间 4 个）”采用的正是多个 16 线激光雷达耦合的方案，在不增加单个激光雷达垂直分辨率的情况下达到整体减少垂直分辨率，从而实现 64 线激光雷达的效果。

据雷锋网了解，这一系统可以不断收集数据，以供深度学习和自动驾驶系统使用。作为本土激光雷达解决方案商中的领导品牌，速腾

聚创也考虑到这一问题，其推出的这套耦合方案同样适用于深度学习。



在上个月的北京科技周上，速腾聚创为北京联合大学的自动驾驶车辆提供了一套多个激光雷达耦合的解决方案，可实现固定线路无人驾驶巡逻、自动紧急刹车、车辆避障、车辆识别等功能。除了高校，自动驾驶技术公司图森未来也采用了速腾的多激光雷达耦合解决方案。

据了解，多线耦合方案更关注前后方的点云密度，使用者还可以根据实际需求在左右两侧增加两个激光雷达以补足相应的盲区。

如今激光雷达的需求量大幅上涨造成市场上产品的供不应求，这种潜力的释放也让速腾聚创为激光雷达的量产做足了准备。

今年 4 月，这家公司对外界宣布已经投入 20 余条生产线量产 16 线激光雷达，并且预计 1 个季度后达到 100 条以上的产线规模。速腾聚创 COO 邱纯潮表示，目前他们的供货周期在 4 周以内，并且售价是市面上同类产品的三分之二。

从整体看，无论是 16 线、32 线还是 64 线，激光雷达的市场缺口都非常大。邱纯潮说，**当初选择量产标准版** 2 度垂直分辨率 16 线产品，主要是从未来耦合方案、算法数据传承、生产难度和市场容量四个纬度考量，是在深度理解自动驾驶与市场情况下做出的产品定义。

作为一家拥有 10 年激光雷达点云算法积累的方案解决提供商，速腾聚创在前不久还推出了一项让自动驾驶行业受益的「普罗米修斯计划」——这家激光雷达公司希望通过提供「硬件+算法+平台」的解决方案，帮助自动驾驶行业的从业者快速建立使用激光雷达感知环境的能力，加速自动驾驶技术的开发。

据雷锋网了解，多线激光雷达的耦合方案也是「普罗米修斯计划」的一部分，速腾聚创将从标定模块（内参和外参）、数据采集模块与数据融合模块三方面为合作伙伴提供支持。

目前，速腾聚创已经与数十家自动驾驶厂商以及高校研发机构进行需求对接，并相继与他们开展深度联合测试。邱纯潮表示，未来速腾聚创将持续与更多的厂商联调，将产品做到真正意义的稳定且满足需求，并以此为基础，成为本土激光雷达行业解决方案的领跑者。

同时，速腾聚创也希望能在整个自动驾驶民主化的大势所趋下，形成对世界领先服务提供商的弯道超车。



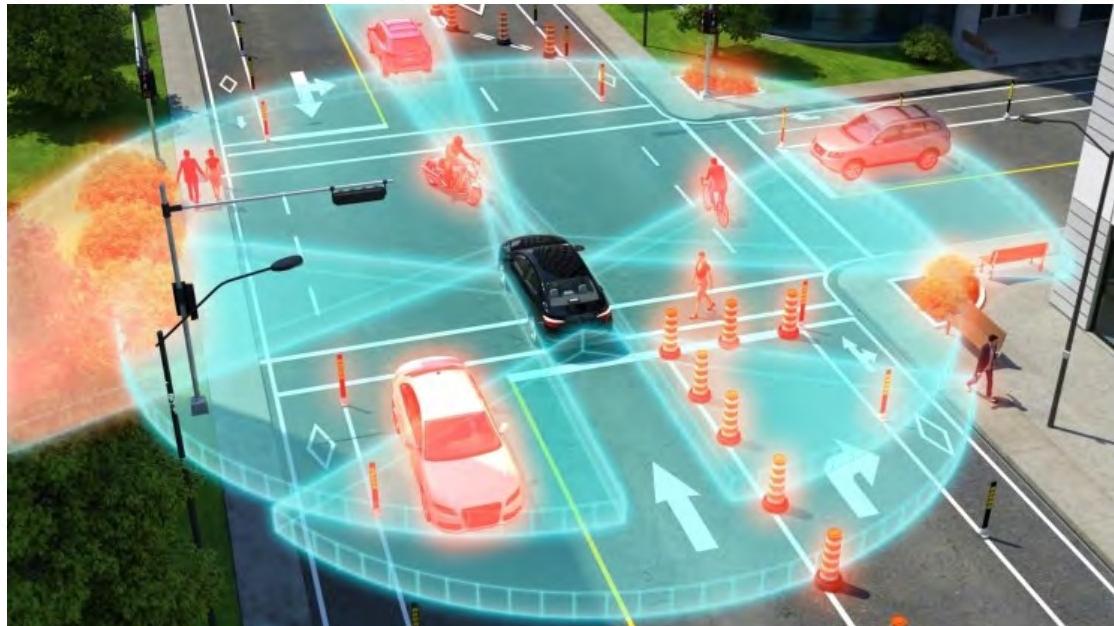
如此，耦合方案的推出，通过多个激光雷达自由组合从而达到 32 线、64 线甚至 128 线激光雷达的效果，速腾聚创为自动驾驶行业的从业者们提供了一个更加民主的选择。

PS：速腾聚创 CEO 邱纯鑫将参加今年的 [CCF-GAIR 大会](#)（7 月 7 日至 7 月 9 日）并发表主题演讲，他将分享激光雷达技术在自动驾驶领域的发展趋势以及进一步介绍「普罗米修斯计划」背后的合作关系。

从测绘到无人驾驶，北科天绘如何“卷入”激光雷达的狂热竞争？

作者：易建成

导语：北科天绘计划用三款新产品以示决心。



成立于 2005 年的北科天绘，在 2015 年以前一直活跃在测绘领域，这家公司推出的车载、机载和地面扫描激光雷达产品分别应用在测绘、电力、铁路等行业上，获得不少客户的青睐。

尽管在商业上得到了行业客户的认可，但之前的很多年，这家公司以及这门传统的生意并不属于媒体热爱讨论的领域，直到参与进这场曾是极客们为之狂热的无人驾驶竞争中。

新的激光雷达创业公司们以疯狂地速度融资和生长。这当中的代表有 Quanergy、TetraVue、LeddarTech、Innoviz 等公司。

在这一领域，目前融资额度最高的是福特汽车和百度以 1.5 亿美金共同投资的激光雷达厂商 Velodyne——这家 1983 年成立于美国硅谷的公司，2007 年在 DARPA 无人驾驶汽车挑战赛中，凭借 64 线激光雷达成功获得外界关注。



与此同时，北科天绘也加入到了这个游戏中。2016 年 5 月，这家公司对外发布了一款 16 线的导航避障型激光雷达 R-Fans，主要用于无人驾驶。

在产品发布后的一个月，来访者众。「北科天绘缩在角落里 11 年，最近突然访客如云，来的还都是有钱的主。」北科天绘 CEO 张智武后来在一篇文章中写道。

在外界看来，过去在测绘领域默默耕耘 11 年的北科天绘，凭借这款产品宣布进入了行业里最热门的无人驾驶领域。

激光雷达，作为无人驾驶中最重要的传感器，目前被无人驾驶从业者称为「稀缺资源和奢侈品。」

一个真实的案例是，加拿大滑铁卢大学自动驾驶实验室，因为激光雷达出现故障，研究人员的工作处于全面停滞状态。在向 Velodyne 下订单后，他们得到的回复是半年后才能拿到新的激光雷达。

「如果下游软件和行业应用没有得到充分开发和利用，市场对激光雷达的需求只会止步不前，功能也得不到体现，这时成本高，卖得也贵。」在谈到产能不足和居高不下的价格时，张智武说。

现阶段，激光雷达主要面向的是汽车后装市场，从稳定性、可靠性、抗干扰能力等方面看，当前的激光雷达只适用于研究，是过渡性产品。汽车厂商真正需要的是能够用于前装、嵌入到汽车内部、能与车型实现一体化的激光雷达。



*将于今年 6 月推出的 16 线激光雷达

除了去年推出的 16 线激光雷达，张智武向雷锋网透露了一个会令无人驾驶从业者兴奋的消息：**今年6月**公司将推出一款能够嵌入在汽车内部的 16 线激光雷达（适用于前装），9 月将推出一款 32 线激光雷达。如果研发进展顺利，2017 年底还将推出一款全固态激光雷达。

2005 年成立时，北科天绘的商业目的并不明确，只是创始人出于对激光雷达的兴趣而成立的一家公司。但是，包括张智武在内的几位创始人坚持认为「这个创业方向是对的」。他们的逻辑是，世界由时间和空间组成，需要一种传感器来高精度、高效率获取空间三维数据，而这种传感器正是激光雷达。

激光雷达什么时候能迎来一个市场爆发点？这是公司成立之初留在张智武心中的疑问。但现在，关于激光雷达的应用方向越来越清晰：

- 测绘型激光雷达，主要应用于地图、巡线等。从硬件销售看，全球只有几亿美金规模，但毛利率较高（约 70%），门槛也较高。全系列产品包括车载、机载和地面激光扫描仪；
- 工业自动化，主要应用于智能制造、自动的装配线、仓储物流以及清洁生产及特种危险行业；
- 导航型激光雷达，主要应用于汽车、无人机、机器人等方面。

看起来，北科天绘在不同的领域找到了更多的发力点。

以下是雷锋网对北科天绘 CEO 张智武的采访实录（有删减）：

雷锋网：北科天绘的激光雷达在行业应用上，比如在测绘地图，还有电力、矿山、林业、汽车等方面，近两年这些领域的比例构成有什么变化？

张智武：我们 2005 年在国内和人谈起激光雷达的时候，大家还不知道这是什么东西，听不懂。但现在各个行业的接受度在逐年提高。

测绘型激光雷达和导航型雷达是两类产品。我们一开始做的是测绘型激光雷达，但我们并没有把测绘产品用在导航上，而是开发了新的品类：导航激光雷达。

对我们来讲，测绘型产品是能够产生很好的现金流和利润。而我们新开发的导航激光雷达做的就是一个增量市场。

雷锋网：你们是什么时候开始研发用于无人驾驶的导航型激光雷达？

张智武：2015 年启动这个项目的。从 2005 年公司成立到现在，在激光雷达方面我们有十多年的积累，做高精度、长距离的产品也是有经验的。



测绘型激光雷达单从技术指标讲，性能比导航型激光雷达高很多。比如我们的机载产品，能够看到 4 公里以外的房屋，能清楚描绘 1.6 公里以外的电力线。

导航型激光雷达需要实时性、轻巧，但对精度和测程的要求并没有测绘型激光雷达高。前者达到的精度是厘米级的，后者达到的精度则是毫米级。我们将高精度模块舍掉，将激光雷达的精度从毫米级做到厘米级，降低最大测程，激光雷达的体积可以大幅度压缩，成本也能大幅度降低。

虽然导航激光雷达不在意精度，测距也没严苛的要求，但是我们在测距和精度上的优势可能会让我们的产品与别人不同。

雷锋网(公众号：雷锋网)：目前激光雷达在无人驾驶方面的业务量如何？

张智武：现有的 16 线激光雷达（R-FANS），我们认为一年在中国销售几百台是好卖的，再多的话必须往量产走。

汽车厂商在他的产品定型前，仍然属于研发期，不可能进行大量采购、目前他们需要的是拿一些传感器做方案研究，然后提修改意见。所以激光雷达一时半会不起量是正常的。

今年 6 月左右，我们会发布一款新品 C-FANS 16 线激光雷达，这款产品专门给汽车用的，嵌入在汽车保险杠位置，这种产品车厂会喜欢，不那么显眼。如果起量的话，可能是这个品类的产品。

激光雷达，不光是用于无人驾驶，机器人应用也很多。我们也正在与两家做物流配送的公司谈合作，他们计划今年推出配送机器人和物流机器人。

雷锋网：汽车厂商或者无人驾驶技术公司大多对什么线束的激光雷达感兴趣？

张智武：其实线束可以灵活定制，我们现在听到最多的需求就是 16 线和 32 线，甚至更低线束。只要性能好，并且体积和价格是他们所能接受的。

今年秋天我们将推出 32 线的激光雷达，用在汽车和机器人上。有些车企并不需要太多线束的激光雷达，因为线束越多，可能意味着价格更贵、体积更大。他们希望我们能在有限线束的情况下，提高产品的性能。

雷锋网：你提到今年下半年会推出 32 线的激光雷达给汽车和机器人使用。如果是汽车来使用，是不是激光雷达在各方面要求更高一些？



张智武：目前市场上任何一款激光雷达都没有达到车规级要求，现在无人驾驶汽车也处在研发阶段，还没有硬性要求激光雷达必须符合车规级，但我们必须往满足车规这个方向努力。

今天的激光雷达和未来的激光雷达肯定不一样，这就好比十年前、二十年前的手机，和今天的手机有天壤之别。今天我们见到的激光雷达只是过渡性产品，技术和产品是要迭代的。如果研发顺利的话，今年年底我们将会发布一款全固态雷达。

雷锋网：现在也有一些公司在开发固态激光雷达产品。你们怎么评价固态激光雷达？

张智武：有旋转机构（机械式）的激光雷达不一定马上退出历史舞台，它有它的优势，关键是其弱点是否可被克服。全固态激光雷达可以作为一种选项提供给客户。

全固态激光雷达有很多种路径，有做 MEMS、相控阵、面阵（Flash）、液晶、压电陶瓷等各种路径，每一种路径它都会有自己的优点和缺点，从我们理解的原理和工程、工艺角度看，Flash LiDAR 的技术路线最完整、明确，并具有实用价值和可实施性。我们也更能倾向于这一路线。

对于企业来讲，我们就是要给用户提供不同选项，让他们去选择哪种产品方向是他需要的，然后再和我们提出具体的需求。



我觉得这里存在很多配合。客户很多时候是我们的老师，他提的要求越具体，我们的产品改进越快。如果这个客户是行业内的标杆客户，他们的建议会为我们节约很多时间，远比自己调研来得快。

雷锋网：算法和软件，你们自己做还是给第三方开发？

张智武：我们的做法是开放数据格式和软件接口，也提供 ROS 驱动。

现在市场上做无人驾驶解决方案的团队要远远超过硬件厂商，我们感觉硬件门槛更高，也是稀缺资源。所以我们的思路是做好我们的

强项。后期如果找到很好的软件团队，我们做联合解决方案的提供商也不错。

雷锋网：现在激光雷达的供应十分紧俏，你们怎么解决量产问题？

张智武：激光雷达现在还属于稀缺资源，真正能在市场上销售的企业还非常少。这个产业远不如手机、汽车有成套的生产线可以代工。非核心元器件可以委托加工，但设计和组装产线、检测和标定场是要自己建的。

我们在苏州有一间 2000 平方米的工厂，在北京小批量生产和试产品后，产品成熟后拿到苏州生产，目前我们能够保证 6 到 8 周内供货，现在的生产基本能满足市场需求。

我们已经将激光接收单元和发射单元芯片化了，因此可以采用全自动化的半导体工艺，避免用人工实现微米级收发对准这一效率低下的生产方式。

雷锋网：在无人驾驶方面，你觉得目前的激光雷达还存在哪些问题？有哪些方面是需要去提升或者是改进的？

张智武：比如激光雷达的成本、环境的适应性以及要达到车规级水准。除此之外，测距、精度、反射率等性能还有挺大的改进空间。

雷锋网：外界对激光雷达的价格有很多讨论，什么样的价格能被车企接受？

张智武：车企希望做到 5000 元以下，如果做不到这个价格，车企是不可能大批量使用的。导航型激光雷达中并没有特别昂贵的元器件，做到这个价格，取决于两方面的因素：一个订货量够大，二是生产工艺合理。

汽车安装了激光雷达对汽车来说是一次升级，如果客户愿意为它买单，那么车企就会规模化生产这样的汽车，起量了价格就降下来，这是一个因果循环。



激光雷达领域再曝新品：Innovusion 发布 LiDAR+相机融合方案，分辨率等效 300 线

作者：吴德新

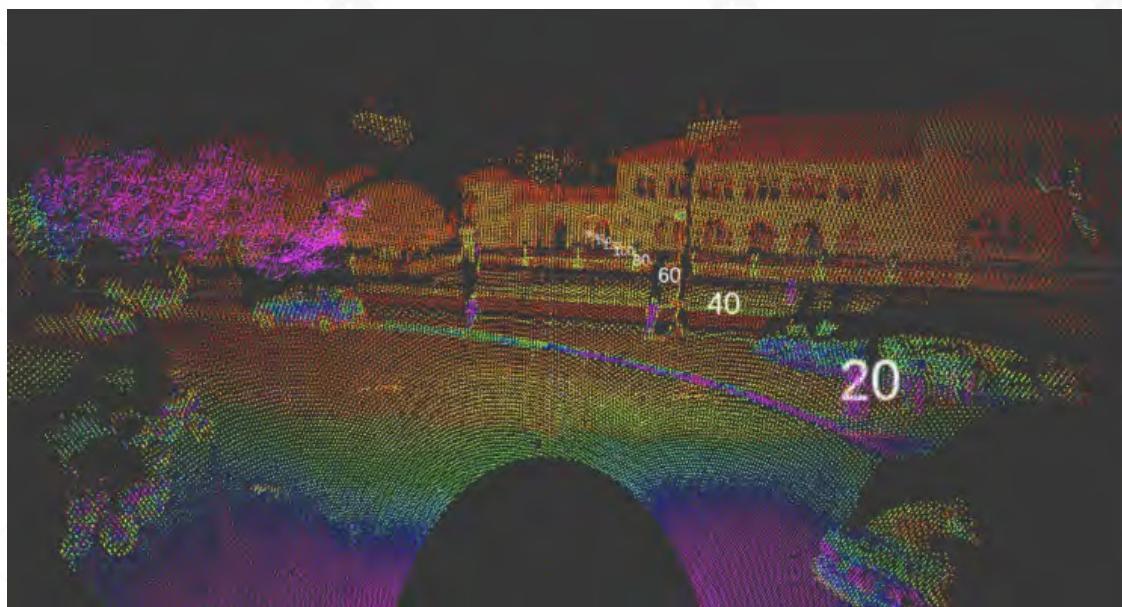
导语：在保密研发近 1 年之后，他们上周在位于硅谷 Los Altos 的公司总部向雷锋网·新智驾展示了最新的半固态激光雷达样机 Hi Def LiDAR。

在旧金山和硅谷的车道上，你时不时能看到各种顶着传感器的自动驾驶汽车。到今年 12 月为止，加州车管所一共颁发了 44 张牌照，准许一大批公司在开放道路上进行自动驾驶测试。

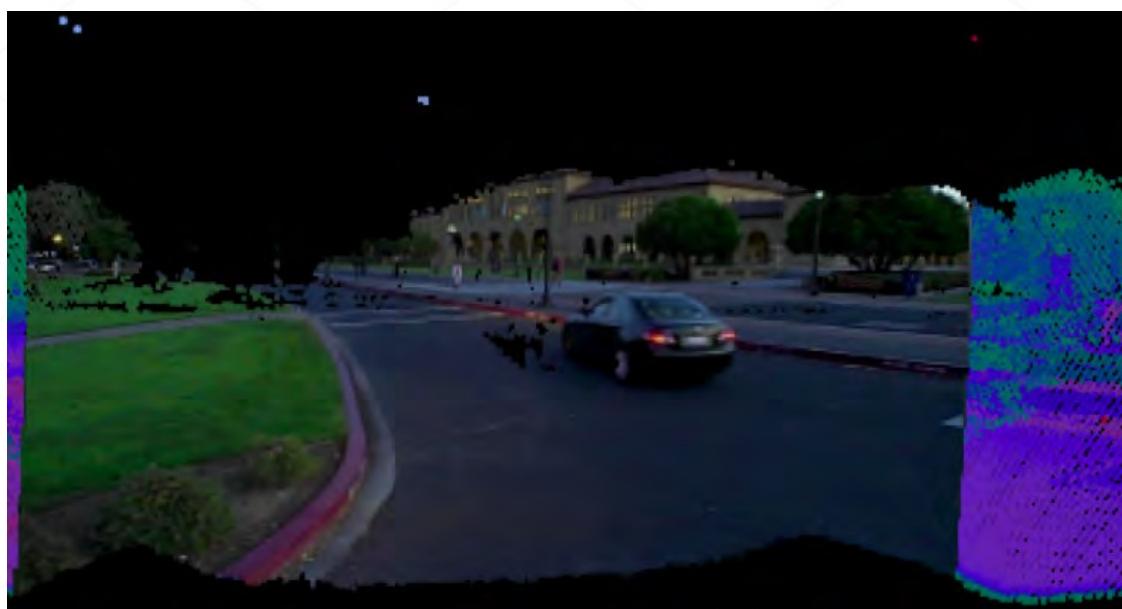
受限于现有传感器的发展水平，这些自动驾驶测试车中的大多数都采用了接近的传感器布局：要么在车顶中央放一个 64 线激光雷达，要么在车辆的四角安装多个 16 线或者 32 线激光雷达。

现有的 360 度机械旋转的激光雷达存在很多问题，包括与车辆外观的融合、机械旋转部件长时间不间断工作的稳定性、精密零部件组装带来的高成本。所以在旺盛的市场需求和供给稀缺的背景下，2016 年不少团队或者行业公司开始进入固态/半固态/混合固态激光雷达领域进行研发。Innovusion 就是这样一支团队。

在保密研发近 1 年之后，他们上周在位于硅谷 Los Altos 的公司总部向雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾展示了最新的半固态激光雷达样机 Hi Def LiDAR。我们也和 Innovusion 的创始人兼 CEO 鲍君威详细聊了聊激光雷达与视觉融合的技术路线，以及现阶段他们对传感器和自动驾驶领域的看法。



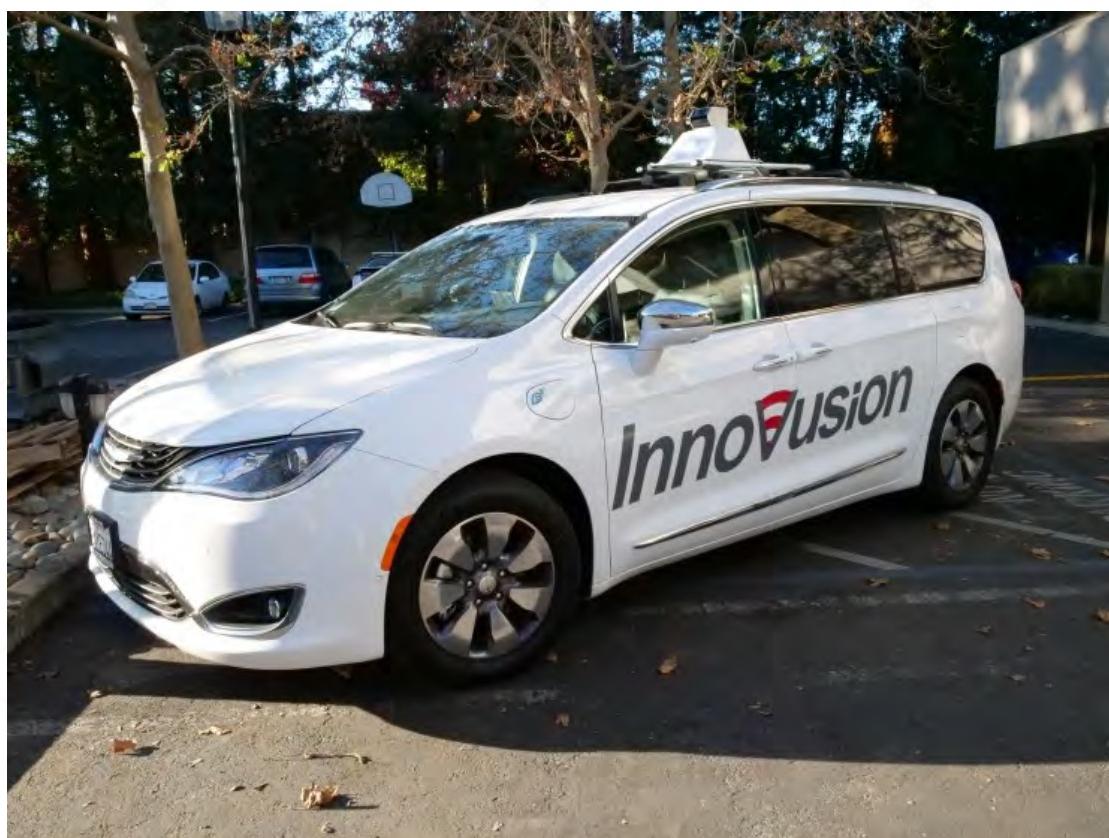
*Innovusion 获取到的激光雷达点云图像，图片场景是斯坦福校园



*激光雷达与相机融合后的画面

激光雷达与相机的融合

Innovusion 现在使用了一台混动版的 Chrysler Pacifica 作为工程样车。当然，Innovusion 的主攻方向是传感器和传感器融合技术，不涉及车辆的控制。Chrysler Pacifica 内部空间比较大，车内可以放显示器和计算机，方便 LiDAR 这样的功能演示。





*Innovusion 的样车与现阶段的样机，激光雷达右侧是一颗 1080P 摄像头
在 Chrysler Pacifica 的车顶，我们能看到他们最新的激光雷达样机。Hi Def LiDAR 的样机侧面面积大约与手掌接近，宽度与一台 iPhone 的长度接近，官方数据是整个体积小于 100 立方英寸。样机当前的水平可视角是 90 度左右，垂直可视角 40 度左右，检测距离在 200 米以上，分辨率相当于 300 线以上。

鲍君威还告诉雷锋网 · 新智驾，针对反射率在 10% 的物体，他们的可检测距离在 100 米以上。而在实际演示时，我们留意观察了车流中黑色车辆的跟踪情况，确实可以捕捉到接近的距离。

除了高分辨率和远距离外，与视觉的融合是 Innovusion 产品的另一大特色。紧贴 Hi Def LiDAR，他们安装了一颗 1080P 摄像头。这样，在车内的实时点云上，我们可以看到视野中的每个像素点都是

三维立体的，除了 RGB 信息，每个点都带有空间坐标和反射值信息。

鲍君威说，高分辨率本身能带来很多好处，更丰富的感知信息可以降低识别算法的难度。而激光雷达与相机视频数据在硬件层面的融合则比纯软件融合更高效，不同传感器的数据能保持很好的实时性，运算处理的效率也会大大提高。

过去一年的研发工作

在去年 11 月公司创办后，最早的一段时间里，两个主要的联合创始人鲍君威和李义民用了几个月把原理验证性的 demo 搭了出来。

Innovusion 现在的团队大概几十人。 雷锋网
读懂智能&未来

鲍本人是 1991 年入学北大物理学本科，之后硕士、博士均在加州伯克利分校的电子工程专业。读博的时候，他和两位师兄一起开发了被称为“显微光学雷达”的 Scatterometry 技术，同时创办了 TimbreTechnologies。这家公司后来被日企 Tokyo Electron 收购，鲍在 Tokyo Electron 一直做到了负责技术与工程的副总裁。他带着硅谷的光学测量部门将 Scatterometry 从原理模型变成了实际的精密测量设备。随后他加入百度美研，负责开发大规模数据中心硬件加速及高性能网络，以及后来负责自动驾驶的车载计算系统及传感器团队。CTO 李义民，在精密电子及测试仪器方面有二十多年的经验，2008 – 2011 年他是 Velodyne 工程团队的核心成员。

鲍君威说，团队大部分都是做精密仪器的科班出身，平均工作了 17 -18 年。

当前主流激光雷达主要存在 2 类问题：机械式激光雷达的精密生产存在难度，固态激光雷达的重要元器件还有待成熟，比如相控阵单元。鲍君威说，Innovusion 的团队在设计阶段就考虑到要易于生产 (design for manufacturing)，产品所用的元器件也是成熟部件。

在采访里，我们并没有得知 Hi Def LiDAR 目前所采用具体技术路线，不过鲍君威告诉我们现在的产品内仍有机械部件，可以叫做混合固态雷达，另外现在的样机中使用了 1550 纳米激光器。



*Innovusion 现有产品样机

针对上面的样机参数，Innovusion 还在对产品进行改进，到明年的上半年他们会对外开放开发者计划以及向部分用户提供集成套件。

鲍君威透露，到明年上半年，产品还会进一步提升水平视野（到 100 度），体积会进一步缩小，针对 10% 反射率的物体检测可以达到 150 米以上，团队将对外提供 API 和传感器融合的解决方案。他们希望进入量产阶段后，一套传感器的成本能控制在 1000 美金以内。

新型自动驾驶传感器

在雷锋网·新智驾最近的拜访中，一位 Uber 工程师提到今年出现了更多提供多传感器融合技术的供应商。[&]这里面包括我们此前采访过的 [DeepScale](#)（不开发传感器，对外提供参考设计加软件的传感器融合解决方案），但更突出的一类公司是自己在研发传感器并开发传感器融合方案的公司，包括 Innovusion。有意思的是，另一家同样采用激光雷达+视觉路线的技术公司 Aeye 也在同一天对外公布了新产品 iDAR 激光雷达解决方案。

同时在软件和硬件层面对传感器进行融合，可以提高系统的运算效率，融合得到的数据也是过去任何一种单一的传感器难以达到的。今年 ZOOX 的联合创始人 Jesse Levinson 就提到，“希望市面上能有一种检测距离 150 米远，360 度视角，价格只要几百美金的固态

激光雷达。”根据雷锋网·新智驾获知的消息，ZOOX 也在开发自己的激光雷达。

在激光雷达的竞争里，一面是 Velodyne 已经亮出了高达 128 线的激光雷达，机械式激光雷达的竞争似乎已经到了巅峰，而另一面，新型固态激光雷达的竞争才刚刚开始。



激光雷达+摄像头+计算机视觉，这家公司推出 iDAR 传感器挑战激光雷达

作者：张伟

导语：在即将到来的 CES 2018 上，AEye 将会对外展示其 iDAR 传感器的 Demo，同时发布相应的自动驾驶车载传感器套装。



激光雷达（LiDAR）作为自动驾驶的重要传感器，已经形成了独特的市场，不断吸引着各路玩家加入混战。AEye，一家以视觉感知起家的初创公司，也加入到了这场混战中，但是，这家公司所拥有的武器有一些“另类”。

雷锋网新智驾消息，北京时间 12 月 12 日，AEye 正式对外宣布自家的 iDAR 传感器，这是一种新型的用于自动驾驶车辆上的智能传感器，可以收集数据，还可以进行快速的动态感知，为车辆系统提供决策依据。在即将到来的 CES 2018 上，AEye 将会对外展示

其 iDAR 传感器的 Demo，同时发布相应的自动驾驶车载传感器套装。（2018 年 1 月 16 日，雷锋网新智驾将 CES 结束后在硅谷举办 [GAIR 硅谷智能驾驶峰会](#)，我们邀请了数十家顶尖的自动驾驶技术公司，其中包括 AEye 这样的新兴传感器公司在峰会现场演讲和交流，点击 [GAIR Silicon Valley](#) 查看更多详情。）

iDAR，一种智能 LiDAR

iDAR，英文全称为 Intelligent Detection and Ranging，其主体是一台 MOEMS 激光雷达，事先与一枚低照度的摄像头进行了融合，而且还内嵌了人工智能算法，可实时感知周边的动态环境，其软件可以自定义，硬件则具备扩展性。相比于 LiDAR，iDAR 传感器能提供更高的探测精度、更远的探测距离，同时还能提供更加智能化的感知信息，这一定程度上也将帮助优化自动驾驶汽车的路径规划。

据官方的说法，iDAR 在降低传感器成本的基础上，还能显著提升自动驾驶车辆的安全性以及性能表现。

据雷锋网新智驾了解，iDAR 在设计时，就事先将像素（Pixels, 2D）和体积元素（Voxels, 3D）聚合在一个框架里，让系统在追踪、定义目标物体时的效率相较于 LiDAR 来说提升了 10–20 倍。另外，iDAR 还能聚合 2D 图像和 3D 点云，从而可以探测物体的真实颜色。同时，嵌入式的人工智能还能助力 iDAR 将上千种

现存的以及定制化的计算机视觉算法利用起来，系统在为自动驾驶汽车进行路径规划时将更加智能。

实际上，而在推出 iDAR 传感器之前，AEye 在今年 9 月份展示了旗下第一台水平视场角为 360 度的车用固态激光雷达，高分辨率情况下，其探测距离可达 300m。

AEye 创始人兼 CEO Luis Dussan 在接受外媒采访时表示，“AEye 为 iDAR 设计的特殊架构允许我们跨越了第一代旋转或光栅扫描激光雷达技术的许多根本上的局限。”

他解释称：“传统激光雷达系统在采集数据时并不智能化，有些需要采集的信息漏采、少采，而有些不那么重要的数据却会过度采集。这也导致传统激光雷达在采集数据时无法拿捏好数据密度和传输延迟两大重要指标，所以在其上做智能化感知存在很大的限制，甚至是不太可能。举个例子，当传统的 64 线激光雷达可以每 100 毫秒向物体发射一次激光时，我们的 iDAR 系统则凭借着智能感知技术，可以向任何选定的物体发射激光，30 微秒便可以实现 2 次这样的操作，这可是 3000 倍的速度提升。这样的嵌入式智能优化了数据收集工作，我们可以通过传输更少量的数据来获得更高质量、更相关的感知内容。”

目前阶段，AEye 正基于 iDAR 传感器与诸多 OEM、Tier 1 以及高校团队进行项目合作，准备将 iDAR 融合到自动驾驶车辆上。

iDAR 的特殊之处？

敏捷型激光雷达



如前文所述，传统激光雷达的一大短板在于，经常会出现过度采集或者漏采的情况，比如天空、道路、树木这些都是不那么重要的信息经常被激光雷达采集，而对于快速接近的车辆这样的重要信息却经常采集不到。之后，系统还要耗费大量的处理能力和时间来区分出重要的目标物体如行人、自行车、机动车以及动物等。

而 AEye 的 iDAR 传感器能模拟人类视觉皮层聚焦到某物体的能力，并预测到潜在的驾驶危险：它采用的是分布式的架构和边缘处理系统，可以动态跟踪感兴趣的目标和对象，并一直会对自动驾驶车辆周边的整体环境进行扫描和判断。

针对这一点，AEye 软件总监 Jon Lareau 表示，“人类具备对闯入视野的物体作出快速反应的本能，而通过将智能技术融合到 iDAR 收集数据的过程中，iDAR 也会如人一般对突然出现的障碍物作出

反应。同时，iDAR 也是一个开放的、可扩展的平台，允许大家将性能优越的各类传感器有效融合起来以增加冗余、提高性能并降低成本。最重要的是，iDAR 还能帮助客户简化自动驾驶汽车开发流程，从而更迅速地将性能更为优秀的自动驾驶车辆推向市场。”

真实色彩激光雷达



传统激光雷达的另一个限制是不能提供物体颜色、文本的详细信息，所以不能理解道路标线、路沿、路标和交通灯等目标物颜色的细微差别，而这些工作都需要后续处理，这个过程中标定工作的挑战很大，还有延迟，同时不可避免要消耗计算资源。

iDAR 传感器则在 3D 数据上即时叠加 2D 真实世界的颜色，通过计算机视觉技术添加到三维点云中，规避掉了传统激光雷达要面临的问题。因此，相比于传统激光雷达，iDAR 传感器可以实现更为精准而高速的对道路标牌、各类交通信号灯的理解，让整个行驶过程更为顺畅。

软件自定义和可扩展硬件



雷锋网新智驾了解到，AEye 的 iDAR 传感器一个最为显著的特点是其软件自定义和可扩展硬件的特性。iDAR 传感器中新增了 3 个反馈回路：一个在传感器层；另一个在感知层；还有一个与路径规划软件绑定。通过实时可定制的数据收集，系统能够适应环境并根据用户的应用程序和需求动态改变性能。此外，它可以定义感兴趣的区域、侧重威胁检测和对可变环境（如公路或城市道路）进行编程。

这样的软硬件配置可以优化数据采集流程，减少带宽，提高视觉感知能力，并且迅速为自动驾驶车辆制定运动规划。

从基础配置系统到多样化可定制的系统，用户可以通过 AEye 提供的 API 来设计 iDAR 传感器系统。此外，iDAR 的系统架构允许固件和软件的远程更新，无需修改硬件便可以快速打造出原型。

进击的 AEye

据雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾此前报道，AEye 创立于 2013 年，总部位于旧金山，致力于研发先进的适配于自动驾驶车辆的机器视觉硬件、软件和算法。AEye 在成立后不久便发布了其首款固态激光雷达传感器，此后在智能感知技术上取得了一系列突破性进展。今年 6 月，AEye 完成 1600 万美元的 A 轮融资，投资方来自包括空客集团、英特尔投资在内的多家资本机构。

如今，AEye 将计算机视觉、人工智能技术与激光雷达融合在一起，创造出了新物种“iDAR”，未来它将如何改变自动驾驶行业，我们只能静待时间给予我们答案。



独家专访 | 64 线激光雷达太昂贵？

Ouster 要以五分之一的价格切入战场

作者：张伟

导语：总部位于旧金山的 Ouster 期望在竞争激烈的激光雷达市场上占得一席之地。



又一家激光雷达初创企业加入战场，这一次他们的武器是售价仅为 12000 美元的 64 线产品 OS1，同时，还准备了 A 轮 2700 万美元的弹药以应对 OS1 的量产。雷锋网新智驾了解到的最新信息是，该公司首台激光雷达已于上周发货。

Ouster 诞生

这家公司名为 Ouster ，成立于 2015 年 6 月，总部位于旧金山。Ouster CEO Angus Pacala 和 CTO Mark Frichtl 曾是斯坦福大学同学，学的是机械工程专业。更有趣的是，这两位此前还是激光雷达公司 Quanergy System 的核心成员，前者是公司的联合创始人和工程领头人；而后者则作为工程师在 Quanergy 工作过，更早时还在苹果的特殊项目组待过。



*Angus Pacala



*Mark Frichtl

2015 年，两人从 Quanergy System 离开，共同创办了 Ouster，当雷锋网新智驾询问 Angus 离开的原因时，他并不愿意多说。如今，Quanergy 已经融资超过 15 亿美元，并且被传正在准备上市，当年离开的二人，不知道现在作何感想。

目前 Ouster 拥有 40 多名员工，兼顾产品研发、设计以及硬件制造等工作，团队成员的履历大多都很光鲜，曾在苹果、微软、亚马逊 126 实验室、特斯拉、SpaceX 等知名企业工作过。Ouster 方面告诉雷锋网新智驾，到明年夏天，团队的规模要扩张到 100 人以上，以应对更繁重的研发及生产制造工作。

64 线产品 OS1

当然，Ouster 作为一家激光雷达公司，最重要的还是看产品，成立两年多时间里，这家公司一直保持低调，潜心产品研发。如今，其首款激光雷达产品 OS1 最终亮相，开始在这个竞争激烈的市场寻求立足之地。



*Ouster OS1

OS1 是一款 64 线机械旋转式激光雷达，据 Ouster 官方介绍，这款产品相较于目前市场上的同级别产品，重量上轻了 60 倍，尺寸缩小了 30 倍，功耗方面也足足低了 3 倍，同时在分辨率表现上也同样不输市场上的同级别产品。



Ouster OS1 与 Velodyne HDL-64E S3 简要参数对比		
参数	Ouster OS1	HDL-64E S3
线数 (Channels)	64	64
分辨率 (Resolution)	64×2048 (10 Hz)	/
探测距离 (Range)	Up to 100m	Up to 120m
精度 (Precision/Accuracy)	±3cm / 0 bias	±2cm (Typical)
转动率 (Rotation Rate)	10 Hz-20 Hz	5 Hz-20 Hz
角分辨率 (Angular Resolution)	Vertical: 0.52° Horizontal / Azimuth: 0.09°	Vertical: 0.4° Horizontal / Azimuth: 0.08° - 0.35°
视场角 (Field of View)	Vertical: +15.8° to -15.8° (31.6°) Horizontal: 360°	Vertical: +2.0° to -24.9° (26.9°) Horizontal: 360°
光束发散角度 (Beam Divergence)	0.13° full angle	/
辐射等级 (Laser Class)	Class 1 Eye-Safe	Class 1 Eye-Safe
采样率 (Sampling Rate)	1310720 points per second	~1300000 points per second
价格 (Price)	12000 美元	75000美元

雷锋网

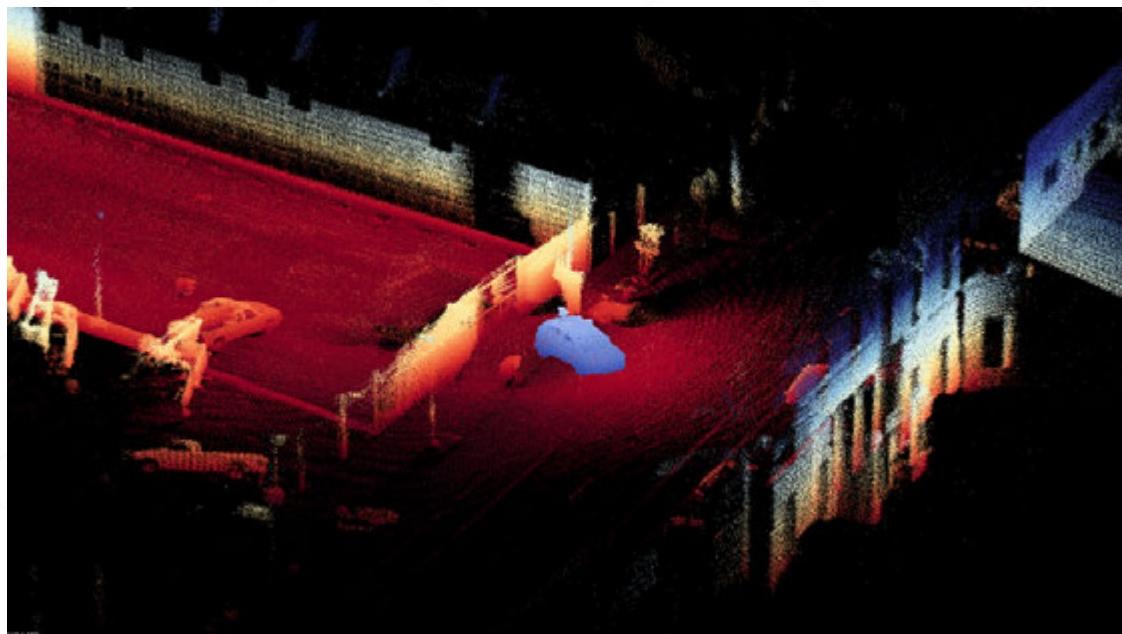
制图：雷锋网新智驾（AI-Drive）

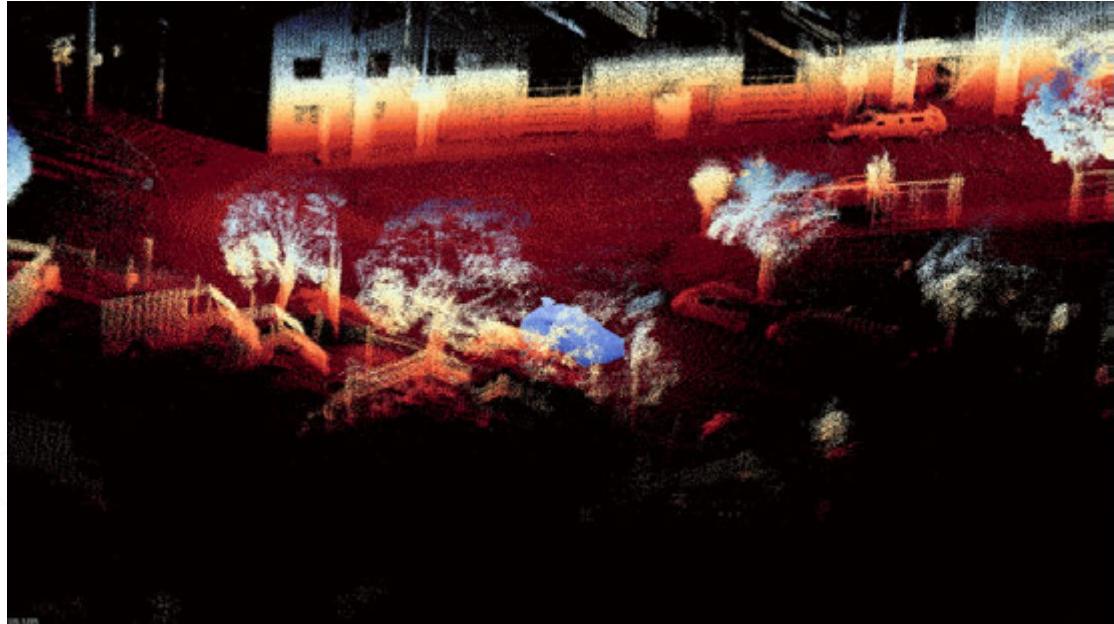
从性能参数上看，Ouster OS1 相较于 Velodyne 的 64 线产品还是稍微逊色一些，但是就封装的工艺以及整体的功耗上都表现得更为优秀。而在一些关键的硬件工作温度区间参数上，Ouster 方面并没有公布。

为了更为直观的展示 OS1 的性能，Ouster 已经将产品搭载到实车上进行了路测，而且还是在雨天环境下进行的。



在车辆行进过程中，可以看到激光雷达扫描出来的点云图像非常稠密，而且对于周边物体（车辆、树木、建筑物等）的扫描精度也非常可观。





此外，在大家最为关心的价格问题上，OS1 初始售价为 12000 美元，这与市面上 64 线激光雷达高达 75000 美元的价格相比，有一个非常大幅度的削减。



当然了，具体到产品表现的细节部分，还要等尝鲜者后续给出的反馈。2018 年 1 月 16 日，雷锋网新智驾将 CES 结束后在硅谷举办 [GAIR 硅谷智能驾驶峰会](#)，我们邀请了数十家顶尖的自动驾驶技术公司，其中包括 Ouster 这样的新兴传感器公司在峰会现场演讲和交流，点击 [GAIR Silicon Valley](#) 查看更多详情。峰会现场亦有机会和 Ouster 创始人交流。

A 轮融资助力量产

和激光雷达产品 OS1 一同公布的还有已经敲定的 A 轮 2700 万美元融资，由 Cox Enterprises 领投，这家公司旗下有专门从事汽

车业务的部门 Cox Automotive，一定程度上能为 Ouster 带来汽车行业 的潜在客户，对其长远战略也会有很大帮助。其余投资者还包括：Fontinalis、Amity Ventures、Constellation Technology Ventures、Tao Capital Partners 和 Carthona Capital。

拿下这笔融资后，Ouster 将会继续专注于 OS1 激光雷达的量产上。Angus 告诉雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾，进入 2018 年 1 月，Ouster 要实现月产千台激光雷达的规模，从 2018 年第二季度末期开始，要实现 2000 台以上的月产量。

目前，Ouster 在旧金山拥有自己的激光雷达组装生产线。将总部和生产线放在同一个地方，也是为了提高工作效率，因为研发和生产之间的沟通成本会被降到最低。Angus 表示，目前公司的研发人员也都是生产制造人员，所以将总部和生产线放在同一个地方，当然，未来发展到一定阶段，也会考虑将生产线扩展到其他地区。

雷锋网新智驾第一时间在旧金山 Ouster 总部见到了 Angus Pacala，同时和他聊了聊关于公司和产品的更多细节。对话实录如下（有删改）：

新智驾：为什么选择研发机械旋转式激光雷达而不是固态？

Angus Pacala：我们之所以选择开发这种类型的激光雷达是因为市场对于这类雷达的需求比较急切，而且这类激光雷达在技术上也有

很多可以创新的地方。未来，我们也有计划推出其他类型的激光雷达（包括固态激光雷达），但是现阶段还是觉得机械式激光雷达更适合现在的市场。

新智驾：对于固态激光雷达的计划是如何的？

Angus Pacala：我目前还没法确认，我不想过早去讲我们会做什么，Ouster 不像其他一些激光雷达企业，经常会开空头支票。我们肯定会研发固态激光雷达，但是具体的事情我现在还不能确定。

新智驾：Quanergy 的工作经验对于你现在的创业有哪些益处？

Angus Pacala：Quanergy 的技术和我们正在采用的技术是完全不一样的，很多技术我们都是自己从头开始研发的。Ouster 成立至今已经有两年多了，我们花了头 18 个月时间在自己的实验室中研发 OS1 激光雷达的核心技术，这期间学习到了很多东西。

新智驾：为什么选择离开 Quanergy，开始自己的事业？

Angus Pacala：离开 Quanergy 的原因我没法多说。而谈到为什么要创立 Ouster，要追溯到我在斯坦福大学求学的经历，那个时候我对于自动驾驶非常有兴趣，而且斯坦福大学车队也是在 DARPA 挑战赛的领军者，加上当时我学的是机械工程专业，所以我一直对自动驾驶有兴趣。

但是，当时的情况是，激光雷达作为传感器来说，一直是实验室产品，难以量产而且价格昂贵。正是看到这样的现状，所以我们开始专注在开发行业领先的而且可以大规模量产的激光雷达产品。

新智驾：什么样的技术让你们把 OS1 的尺寸、重量、价格做到这么低的水平上？

Angus Pacala：这里是硅谷，是全世界最好的定制化芯片开发地，我们有自己的定制化激光雷达芯片，通过这枚芯片，我们将上百个零件集成到了一个传统的系统当中，这就允许我们把产品的尺寸和成本降下来，同时还提升了稳定性。这也推动了激光雷达市场更加倾向于采用 ASIC 方案，当然，还有更多的工作要做。



新智驾：OS1 在价格上会有什么阶梯策略吗？

Angus Pacala：每台 12000 美元就是量产后价格。目前，很多激光雷达产品的价格都是不透明的，很多都取决于不同的订单并且可以相互协商。Ouster 想让价格公开透明，而且没有阶梯价格，任何数量都是一个价格，非常简单。

新智驾：为什么选择在旧金山建立产线？

Angus Pacala：Ouster 每一位硬件工程师都是生产制造工程师，所以将产线建在研发实验室附近是最有效率的方式。未来，我们会

考虑将产线扩展到其他的地区，但是在旧金山生产我们的激光雷达会是一个比较长期的策略。

新智驾：量产 OS1 最大的难点是什么？

Angus Pacala：这不好说，其实我们面临着大多数激光雷达厂商在量产时都会遇到的问题，包括怎样保证高精度的组装，在校准技术方面，我们也在不断探索进行提升。我们的生产工作分为制造和品控两个部分，我们有自己的质量监测工作人员。

新智驾：OS1 的客户和合作伙伴情况怎么样？

Angus Pacala：具体的客户不方便透露，目前的客户都集中在美国，包括自动驾驶创业公司和 OEM。2018 年，我们将在全球范围内进行销售。要知道，现在很多车企和初创公司都在硅谷有办公室，所以我们和他们接触很方便，目前我们要建立起产品的知名度。

新智驾：你怎么看 Velodyne VLS 128 线激光雷达的推出？

Angus Pacala：我们也有研发更高分辨率、更多线数激光雷达产品的计划。而且未来无论在机械旋转式激光雷达还是在固态激光雷达方面，我们都会进行产品规划。

首发 | 光珀在美国推出新型激光雷达， 主攻机器人与自动驾驶

作者：吴德新

导语：在行业普遍寻求高分辨率、低成本、可量产化传感器的背景下，新型的激光雷达变得炙手可热。

旧金山当地时间 9 月 29 日下午，在湾区的计算机历史博物馆，一场不大不小的发布会正在进行。台下几十位听众，却多半来自湾区的自动驾驶技术公司，Waymo、ZOOX、Jingchi、Roadstar.ai 等公司悉数在列。



这是一家传感器技术公司的发布会，公司名叫光珀智能（Genius Pro），发布的产品是多款固态面阵激光雷达。在行业普遍寻求高分辨率、低成本、可量产化传感器的背景下，新型的激光雷达变得炙手可热。

光珀在这天一口气发布了 5 款新产品：应用于 10 米以内短距离检测的 3 款产品 GP001A-16、GP001A-8、GP001，能够检测室外 30 米远的 GP002，最远能在室外实现 150 米检测的 GP003。

研发背景

2008 – 2009 年之间，两名高校教授在一个项目的支持下，开始研究一种高分辨率、远距离的深度测量方法，这项研究并没有很快取得进展。而时隔 3 年之后，从同一个高校管理学博士毕业的白云峰创办利珀科技，利珀的主营业务是提供工业视觉检测解决方案。由于工业生产中，对于视觉检测的需求量很大，利珀的业务发展很快，公司到现在已经进入上市的进程，这是后话。

2013 年前后，白云峰与两位教授结识，并且认为他们早前的研究会有非常大的应用前景，比如机器人的导航避障。白云峰随后在利珀内部成立了一个研发团队，专攻这种深度检测技术的研发。



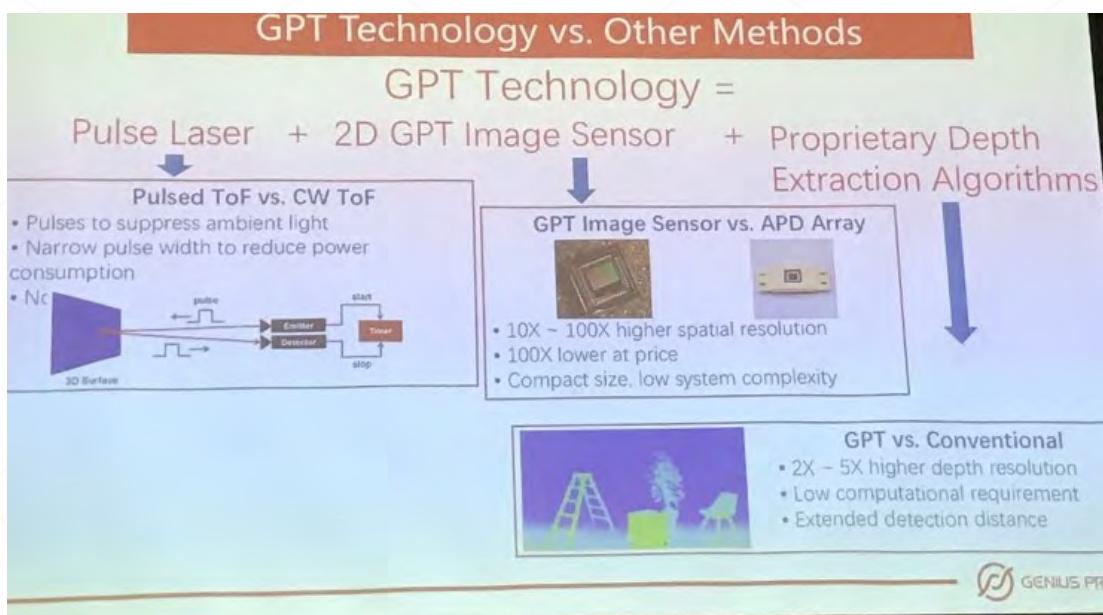
2015 年，这个团队从利珀内部拆分，成立了一家新的公司叫光珀智能，两位教授也全职加入公司担任科学家。同一年，白云峰认识了当时康耐视的首席光学系统工程师钱锋，钱锋此前还参与了微软 Kinect 2 和 Amazon Go 传感器系统的原理设计。钱锋也认同光珀的技术前景，他甚至举家从美国搬回了公司所在的杭州，现在担任团队 CTO。团队的首席软件工程师还参与了 J20 战斗机激光雷达的原理设计。

从刚刚拆分时的 10 多人，两年之后，光珀已经发展到 50 多人。

技术路线

光珀称这次发布的新产品采用了深度相机或者叫固态面阵激光雷达的技术。但它跟一般的深度相机又有不同：

在发射端，是由近红外半导体激光器加上匀光器组成的发射组件；脉冲激光通过匀光器后，按照设计的视角均匀打出；激光经过散射和反射后，通过特殊的镜头成像在光珀设计的面阵传感器上；面阵传感器上的每个像素都可以通过对激光回波和飞行时间计算对应点的距离。



钱锋告诉雷锋网，他们使用脉冲激光来抑制环境光从而实现在室外强光下也能检测，同时控制激光脉冲的宽度来减小能耗。

关于接收部分，CEO 白云峰向雷锋网(公众号：雷锋网)表示，他们主要是将像素结构和后端电路设计完后交给半导体代工厂来制造。

因为半导体激光器、匀光器都是成熟的元器件，激光的接收部分也是采用成熟的半导体工艺，所以光珀认为现在的技术易于量产，并且能比机械式的激光雷达成本更低。

围绕这一套技术，他们目前正在中国、美国和欧洲等各地申请 13 项专利。从另一个角度来讲，自研的专利技术也是光珀这次能在美 国公开发布的原因之一。

5 款产品和解决方案

光珀这次发布的一共是 5 款产品，分成短距、中距、长距 3 个平 台：

- 短距离平台



GP001A-16, GP001A-8, GP001，三者的 FOV 都是水平 70°、垂直 50°，区别在于三者的检测距离分别是室外 8 米、室外 4 米和 室外 2 米。

近距离平台：

GP001A [0.15m-10m]



性能指标：

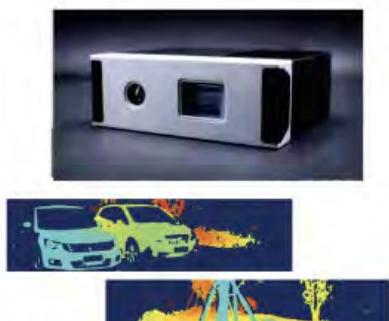
- 分辨率：VGA或QVGA
- RGB分辨率：1920*1080
- 视场角：65° (H) x 49° (V)
- 帧 率：30FPS
- 精 度：0.5%
- 有效探测距离:10m @ 室内
8m @ 室外 80K lux
- 激光安全等级：
Class1, IEC-60825

- 中距离平台

GP002, FOV 为水平 65°，垂直 16°，检测距离为室外 30 米；

中距离平台：

GP002 [0.2m-30m]



性能指标：

- 分辨率：640 x 160
- 视场角：65° (H) x 16° (V)
- 帧 率：30/60 FPS
- 精 度：1.5%
- 有效探测距离：室外30米 / 80K lux 强阳光
- 激光安全等级：Class1, IEC-60825

- 远距离平台

GP003, FOV 为水平 24°，垂直 6°，检测距离为室外最远 150 米；

远距离平台：

GP003 [0.3m-120m]

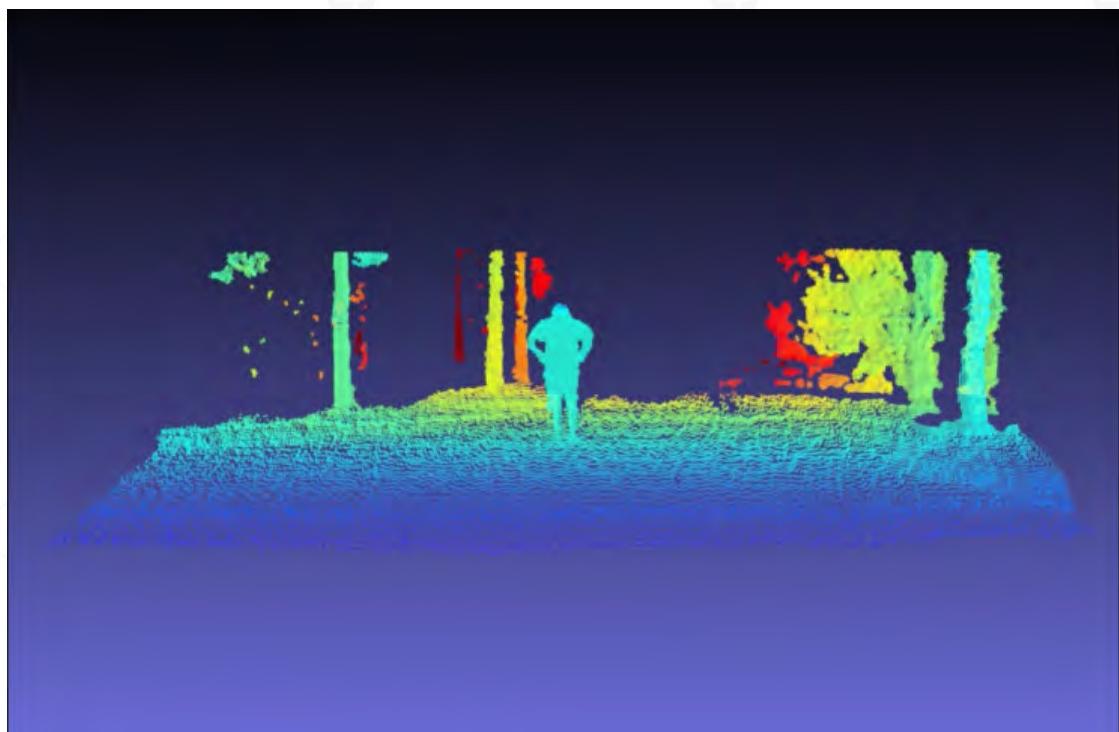
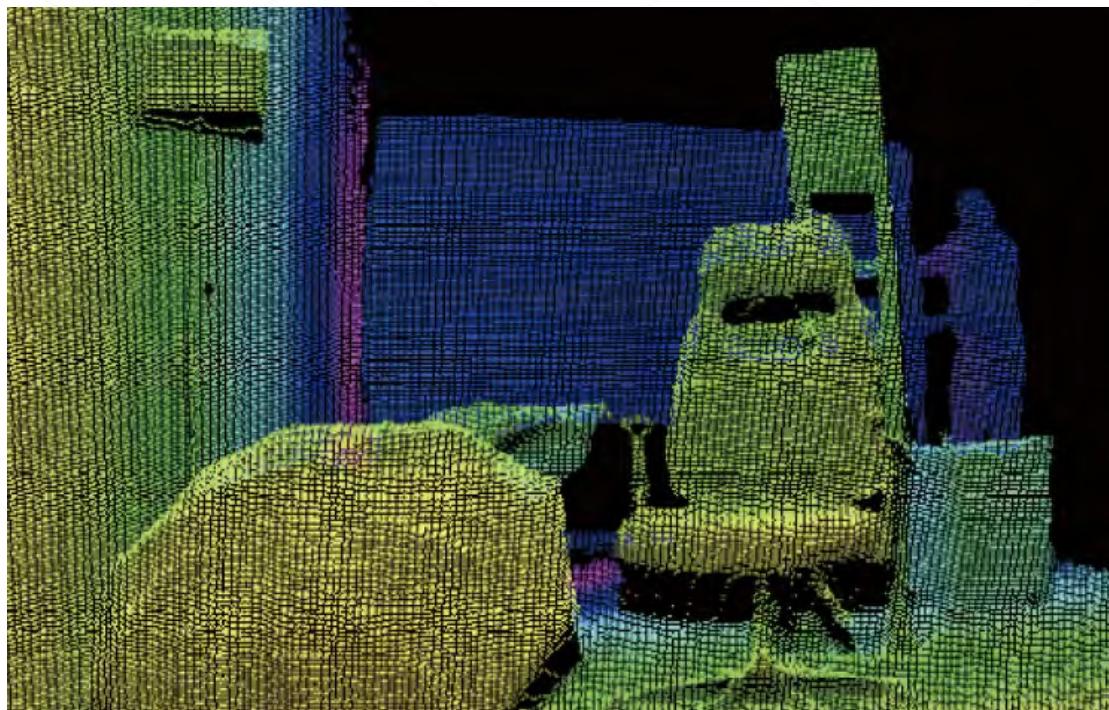
性能指标：

- 分辨率：640 x 160
- 视场角：0.3m-20m: 120° (H) x 16° (V)
20m-100m: 25° (H) x 16° (V)
- 帧 率：30/60 FPS
- 精 度：1%
- 有效探测距离：室外120m / 80K lux 强阳光
- 激光安全等级：Class1, IEC-60825



其中短距离平台主要对标 Kinect、Realsense 等解决方案，应用在体感游戏、机器人避障导航和安防领域；中长距离产品则主要规划用于泛安防、送货机器人、无人机、自动驾驶等领域。

现在湾区的一些机器人厂商已经在使用光珀的产品，比如送货机器人 Robby。湾区有大量的机器人创业团队，这也会是他们未来的重要开拓方向之一。



在自动驾驶方面，目前技术公司对激光雷达的主要诉求是能够在目标检测上获取到稠密的点云数据。CMO 陈嵩举了一个例子，64 线激光雷达面对 50 米外的一个行人，能够反射收集到的线数可能只

有 5 条，换作 16 线激光雷达，可能就只有 1 条了，而他们的面阵方案能够获取到比较稠密的数据。

还有一些极端情况下，比如黑色车辆对激光雷达非常不友好，假如打在车辆上的线数本身不多，黑色车辆还吸收掉一部分，那么此时对黑色车辆的识别效果就会非常差。而采用更稠密的解决方案，可能就能够探测到车灯、车牌这些更容易反射激光的位置，从而有效识别车辆。

如果从参数上来看，光珀的远距离产品 GP003 使用在自动驾驶上，视野会比较“扁”，这可能意味着需要在车辆主行驶方向上多加装几个激光雷达。另一方面，陈嵩表示，GP003 的第二代产品也在开发中，下一代产品的视野会从现在的 4: 1 (FOV 水平 24°，垂直 6°)，改善到 16: 9。

除了远距离平台，目前也有一部分自动驾驶公司希望采用一些新的解决方案作为机械旋转式激光雷达在中短距离检测上的补充。在一些封闭场地的自动驾驶车辆上，我们现在能看到不少 16 线激光雷达的部署，因为这类激光雷达 360° 机械旋转的特性，所以它们一般会被部署在很高的位置（比如车顶），那么在近距离比如 10 米范围内就容易形成盲区。

光珀透露，在自动驾驶方面，景驰和驭势是他们在接触合作的一部 分厂商。

在光珀内部，整个研发团队被分为硬件、软件和算法 3 部分，除了下一代产品的开发，他们也通过与一些特定领域厂商的合作形成一些产品化的解决方案。光珀这一次也同步展示了在商场能够实现人流统计的 Smart Depth Camera、在家中能够检测老人或者小孩跌倒的 Fall Down Detection 方案。也因为下一代产品以及解决方案的开发，眼下团队正在大力招聘。

最后在产品定价方面，官方透露，目前短距离产品线大概会在几百元，中距离产品定价在 2000 元左右，而长距离产品会在 1 万元以内。

“非常容易实现规模量产。”CMO 陈嵩说。



行易道赵捷：价格是国产毫米波雷达的优势，性能更是

作者：易建成

导语：“首先，我们要成为一个合格的汽车雷达供应商。”



「你们凭什么和人家竞争？」当投资人这么问赵捷的时候，她的心情有些复杂。这算是质疑还是挑衅？

赵捷所在的毫米波雷达领域，全球知名供应商 Autoliv（奥托立夫）、博世、大陆和德尔福都已经实现量产，这几家年出货量总和达到千万级别，且价格相对合理。

而国内毫米波雷达的行业现状是，起步晚，资源不足，也缺乏相关技术人才。这也导致毫米波雷达在汽车工程化应用方面不够成熟。显然，在国际大厂的压力下，国内厂商还有很长的一段路要走。

赵捷是中科院电子所的博士，在她的职业生涯里，有过两次难忘的「高峰体验」。

一次是创业前，她在中科院电子所从事雷达技术开发，花了两年时间成功设计出雷达阵列天线，又用了两年时间解决了工艺和生产问题。这是中科院电子所在该领域的一大突破。

一次是创业后，那是 2015 年 9 月——她创业的第二年，团队成功自主开发了第二代 77GHz 毫米波雷达样品——「那时团队是新的，技术也是新的，我们这样摸着石头过河。」

2014 年，赵捷从中科院电子所离职后创立了行易道，这是一家毫米波雷达公司，做的依旧是她的老本行。

虽然面临国际大厂「压力」，但这家公司有自己的生存之道。成立三年，行易道现阶段的进展是研发出国内首个民用 77GHz 汽车雷达以及基于 SAR（Synthetic Aperture Radar，合成孔径雷达技术）的 79GHz 汽车雷达。

其中非常贴近主流市场的 77GHz 中近程雷达将于今年年底量产，而 77GHz 远程雷达（用于重型卡车、大型巴士等，作用距离 200

米) 将会在明年推出。据雷锋网(公众号：雷锋网)了解，79GHz 雷达将于明后年内进行产品化。

今年 3 月，这家公司拿到了国科嘉和资本、磐谷资本数千万元的 A 轮融资。



*行易道创始人& CEO 赵捷博士

谈到毫米波雷达市场的竞争时，赵捷告诉雷锋网：「我更喜欢在『大池子』里竞争，虽然竞争激烈，但我会遇到最优秀的竞争者，会遇到最『苛刻』的客户。这样能最有利保障我们的效率和工作质量。」

以下是赵捷自述，雷锋网整理。

我们是国内最早推出 77GHz 雷达的公司。当时有人建议我们，24GHz 更容易一些，是不是先从 24GHz 开始？

事实上，24GHz 和 77GHz 最大的区别就是分辨率。从 24GHz 到未来的雷达技术，它背后的驱动力是越来越高的分辨率。

打个比方，0.8 的视力与 1.5 的视力。前者的准确率、分辨率给人的观感是不一样的。另外，24GHz 带宽有限，无法扩展，再提升分辨率更是不可想象。

77GHz、79GHz 技术及未来的雷达技术都是朝高分辨率这个方向去做的。77GHz 指的是 76GHz 到 77GHz，带宽 1 G；79GHz 指的是 76GHz 到 81GHz，带宽 5G。5G 带宽会给雷达带来什么？——分辨率的提高。

成像实现高分辨率是由带宽和天线尺寸决定的。天线的尺寸是主机厂给我们预留的空间。到现在为止，所有毫米波雷达尺寸基本上在 10 厘米左右，而且他们还在希望（体积）越来越小。

在这个尺寸下，要把它做到厘米级分辨率，并实现 200 米左右的探测距离，如果用现在的雷达体制，是不可实现的。只有改变思维方式——使用 SAR 成像技术。

SAR 成像技术是指利用大带宽发射信号实现距离向高分辨率、利用相对运动等效长合成阵列实现方位向高分辨率的雷达成像技术。

雷达分辨率和天线尺寸有关，天线越大，雷达分辨率越高。但现在空间有限怎么办？这就用到了阵列技术。随着汽车运动，天线在空

间形成虚拟阵列，不同虚拟阵元的回波会存在相位差，对回波做相干处理，就形成了雷达空间的高分辨率。这是 SAR 技术的原理。

今年，我们和意法半导体，还有中科院电子所的微波成像国家重点实验室三方成立了一个联合实验室，主要目的是推动 79GHz SAR 汽车雷达的产品化、工程化。



*今年 4 月，行易道展出的 77GHz 毫米波雷达以及全天候物体识别率更高的 79Ghz SAR 雷达

77GHz 的雷达或者 79GHz 的雷达，关键指标有这么几个：

第一，性能。分辨率是多少，距离是多远，这里没有说谁最好，而是平衡，在特定场景下应用不能有短板；第二，在高温、振动、雨雪等环境下的持续工作；第三，跟踪目标的稳定性，误警率等。

同时，作为汽车电子行业的产品，良品率能不能达到要求，加工能力、工艺能力要求是非常高的。因为雷达要装在车上，车要根据雷达的要求来做适配，雷达也要根据车的要求做设计，这就对相关的电磁场计算、多物理场计算仿真能力提出更高的要求。

毫米波雷达是主动安全和自动驾驶领域最重要的传感器，它的优势是能够在全天时全天候情况下工作。

● 产品设计：



● 产品参数：

项目	LRR
刷新周期	50ms
作用距离	3~200m
速度范围	-70~40m/s
方位角度范围	-8~8 degree
目标数量	32

● 系统功能：



前方碰撞预警 (FCW)
自适应巡航 (ACC)
自动紧急制动 (AEB)

*77 GHz 远程毫米波雷达，探测距离 200 米

在国家政策方面，今年 3 月交通部推出新规定：要求 9 米以上营运客车必须安装 LEW（车道偏离预警系统）和 AEB（自动制动系统），过渡期 13 个月，未来将推广到货运车领域。对于大车来

说，通常安全刹车距离很长，需要传感器的作用距离在 200 米以上。这可以理解为：毫米波雷达是必不可少的。

2016 年，我们的产品基本处于实验室阶段，今年我们会在车上做大量测试。到 2018 年、2019 年前后就可以给主机厂做 77Ghz 毫米波雷达的适配。

从人类安全角度看，汽车主动安全一定会把毫米波雷达放在越来越重要的位置。另外，核心芯片价格越来越便宜的时候，雷达也一定会越来越便宜，那么，未来我们就有可能把雷达做成阵列，3 个、5 个、8 个，甚至更多，实现 360 度观测。

过去一年，我们听到的声音是：**很多主机厂对毫米波雷达需求强烈**，但是已有的雷达公司并不能完全满足于主机厂共同开发 ADAS 的要求，所以这是我们存在的理由。从另一方面看，价格不仅是国产毫米波雷达的优势，性能更是。

至于无人驾驶，我们将来会考虑毫米波雷达的三维成像。如果三维成像做得足够好，在全天候目标识别下，这会给无人驾驶提供一个非常好的解决方案。

挑战巨头市场，将毫米波雷达成本降低一半，这家芯片公司靠什么继续通关？

作者：张梦华

导语：“做 77GHz 的毫米波雷达核心芯片，是我们未来五年不变的主线。”



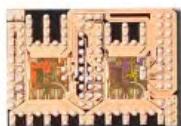
10月25日，毫米波雷达芯片供应商加特兰在上海开了第一场产品发布会，与业内多数科技公司相比，发布会场面算不上宏大，但对这个30多人的团队来说，却是一个重要节点，因为这个成立3年的公司发布了自己第一批正式量产的毫米波雷达芯片。

此次发布的产品主要有两款：用于车载毫米波雷达的 77GHz 芯片——Yosemite (2T4R)、Yosemite (4T8R)，和用于工业级消费市场的 60GHz 芯片 Yellowstone。

毫米波雷达芯片向来是巨头的战场。国内或国外，英飞凌、恩智浦几乎占据绝大部分市场。下游供应商不缺少芯片来源，但造价低的芯片仍存在巨大市场缺口，这也是加特兰的切入点。

从功能上来讲，这两款芯片与市面上的芯片区别并不明显，但因为使用了数字模拟电子产品芯片里大量使用的标准 CMOS 工艺，成本降到了原来 SiGe 芯片组的二分之一到三分之一。

根据雷锋网的了解，目前， 国际上车载毫米波雷达的重要玩家主要是博世、大陆、德尔福、海拉这些大的 Tier 1 厂商，一般的小型硬件供应商，在芯片供应商面前议价能力较低，首先在成本上就已经丧失与第一梯队竞争的优势。降低芯片成本，也正是其重要诉求所在。



*加特兰的 Yosemite (4T8R) 芯片

77GHz 毫米波雷达芯片，未来五年不变的主线

做更廉价和高集成度的毫米波雷达芯片，是 3 年前陈嘉澍在创业之初为公司做出的基本定位。

2014 年，从加州伯克利大学博士毕业的陈嘉澍结束在硅谷一家通讯公司 3 年的职业经历，回国创业，在此之前，他对创业方向与国内市场都做了详细的调研。

因为多年来一直从事毫米波芯片研究，并持续看好这个领域，在他的计划里，下一步自然还是继续沿着自己擅长的方向走，做毫米波雷达芯片。

在国内，ADAS 和智能驾驶热度逐年攀升，尤其前者，无论业内对 L3、L4、L5 的争议如何激烈，但几乎没有人再对 ADAS 的应用普及存疑，标配 ADAS 功能是近两年汽车生产的普遍趋势。

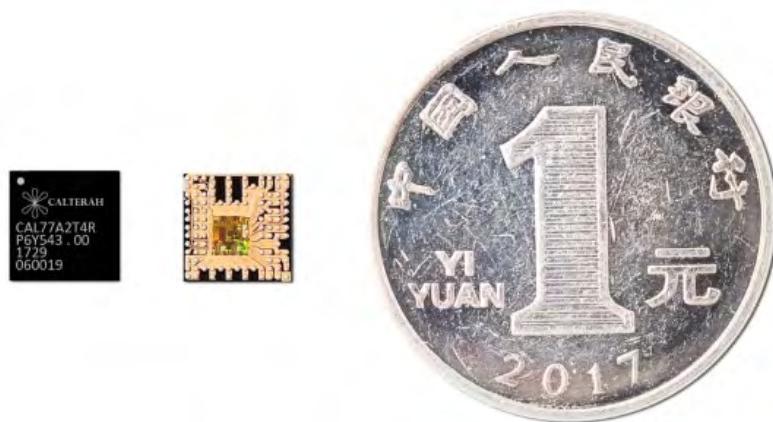
因为造价远低于激光雷达，探测精度高，体积小，且受天气影响少，毫米波雷达一直是 ADAS 不可替代的配置之一。在 ACC、AEB、盲点监测等功能搭建上，毫米波雷达都是重要的硬件支撑。而比起还处于将来完成时的 L4、L5，ADAS 又是可以立即投入量产的应用，这也是陈嘉澍和很多 ADAS 创业者看好这一领域最重要的一点：快速商业化的预期。眼下，毫米波雷达多装配于高端车，中端车、低端车市场正处于刚刚开启阶段。

“过去几十年，车上的电子部件芯片总比重几乎没有变化，直到智能行业出现。未来车上的芯片比重会越来越大，这是非常大的机会。做 77GHz 的毫米波雷达核心芯片，是我们未来五年不变的主线。”陈嘉澍解释道。而仅以目前来看，芯片就已经占到毫米波雷达总成本的 70%。

“从发展趋势来讲，现在很多主机厂希望一辆车上装配 5 个毫米波雷达，1 个中长距的，往前看的，车辆四个角各一个中短距的，这样基本可以实现 360 度的覆盖，形成防撞系统和变道辅助系统。”2020 年，全球车载毫米波雷达出货量预计可达到 7200 万

颗。若按照 30% 的 ADAS 渗透率来预估，三年后，仅国内出货量就可达到 4500 万颗，市场规模超过 200 亿。

同时，在 60GHz 的毫米波雷达方面，近两年大热的无人机、机器人也在为其提供充分的应用场景。



*加特兰的 Yosemite (2T4R) 芯片

芯片的工艺节点

如何在实现高集成度的情况下，大幅度降低成本，加特兰的解法是用数字模拟电子芯片市场上大量使用的 CMOS 工艺，替代目前毫米波雷达芯片采用的锗硅工艺，并将射频、模拟及混合信号模块全部集中到一个芯片上，单芯片替代多芯片之后，因为不需要多余的连接，系统版型设计更为简化，集成度也更高。

“CMOS 的工艺节点在不断演化，每两年会有一次更新，这是摩尔定律。10 年前，我们还停留在 90 纳米、130 纳米，而今天则是 10 纳米。CMOS 工艺的 feature size 越来越小，所以工作频率越来越高。其工艺节点还停留在 90 纳米的时候，不具备工作在 77GHz 的可能，而在硅工艺上加上一种比较昂贵的化学元素“锗”，可以使器件的速度提高 3 倍以上，因此过去很长一段时间内，毫米波雷达芯片均采用锗硅工艺。”

“2010 年以后，CMOS 工艺进入 45 纳米节点，晶体管 f_t 接近 200GHz，工艺本身已具备实现 77GHz 电路的可能。”陈嘉澍认为，正是 CMOS 的这种制程演化给了加特兰入场的机会，而提前完成 CMOS 毫米波集成电路研发的团队组建，也为公司在之后的竞争中赢得了更多主动。

直至现在，进行毫米波雷达芯片研发的创业公司仍然非常少见。一方面巨头把占市场，新兴公司不容易闯入；另一方面，国内外从事毫米波芯片研究的人才非常难寻，团队组建难度较高。加特兰的团队由陈嘉澍与来自硅谷的几位合伙人共同搭建，三年多的时间才逐步扩充到今天的规模。

研发之后

要量产 77 GHz 和 60 GHz 的高频率芯片，对电路设计也提出了非常大的考验。那么，如何证明加特兰使用 CMOS 工艺的芯片也可以实现锗硅同样的性能？

“你可以直接去测试。”面对雷锋网的质疑，陈嘉澍的回答非常干脆。

一年多之前，加特兰开始陆续引入近 10 家下游合作伙伴，用样品与后者搭载系统原型，不断做调试。2018 年，其合作的部分毫米波雷达硬件就将投入量产。不过，问及合作伙伴名字，陈嘉澍表示眼下还不方便透露。



车载芯片的研发过程中，关卡比比皆是，例如，如何使芯片符合零下 40 度到 125 度的车规级标准，陈嘉澍坦言，仅在这方面，团队就花了一年多时间做测试迭代修改。

此外，芯片制造前期需要的资金规模巨大，其量产的一次性投入可能就高达百万美金，并且回报周期也比一般行业要长很多。

科技公司要具备很好的融资能力，这几乎是业界共识。2014 年底，这家初创的芯片公司收到了华登国际和矽力杰的一笔天使投资，今年上半年，来自中关村兴业和峰瑞资本的 A 轮投资则为团队又“续了一次血”。

对于加特兰这样的创业公司来讲，实现第一代芯片的量产只是初步完成了从零到一，如何让产品实现更高可靠性、打入更多主流 Tier 1 厂商，是团队需要持续努力的方向。技术的迭代是一项没有通关的游戏，这一点，大多数科技公司都明白，陈嘉澍也明白。



激光雷达公司 Innoviz 完成 6500 万美金融资，它的中国投资人如何评价这匹黑马

作者：易建成

导语：“性能优异、价格合理并且尺寸小巧的激光雷达，是帮助自动驾驶实现大规模商用的三个必备要素。”



Innoviz 总部位于以色列 Kfar Saba，距离以色列第二大城市特拉维夫仅一小时车程。

去年 8 月，耀途资本合伙人杨光第一次接触这家激光雷达公司时，团队还不到 20 人。「办公室很小，只有半层楼。」如今，Innoviz 发展迅速，员工超过 75 人，办公室也由半层楼扩大至 3 层楼。

Innoviz 成立于 2016 年，作为后来者，它称得上是一匹黑马。

这个核心团队和技术来自以色列情报总队精英技术部门（the elite technological unit of the Israeli Defense Forces）的初创公司，创立不到两年，推出两款固态激光雷达 InnovizPro 和 InnovizOne，并先后与国际顶级汽车供应商德尔福、麦格纳签署了商业合作协议。

在技术、产品和商业化能力上的不俗表现，也让这家公司受到更多资本的追捧。

9 月 7 日，Innoviz 宣布完成 B 轮 6500 万美金融资，战略投资及合作伙伴包括汽车零部件巨头 **德尔福**、**麦格纳**，参与此轮融资的还有耀途资本、360 Capital Partners、Naver 等投资方。算上年 1 月 A 轮获得的 900 万美元资金，Innoviz 共计拿到了 7400 万美元的融资。

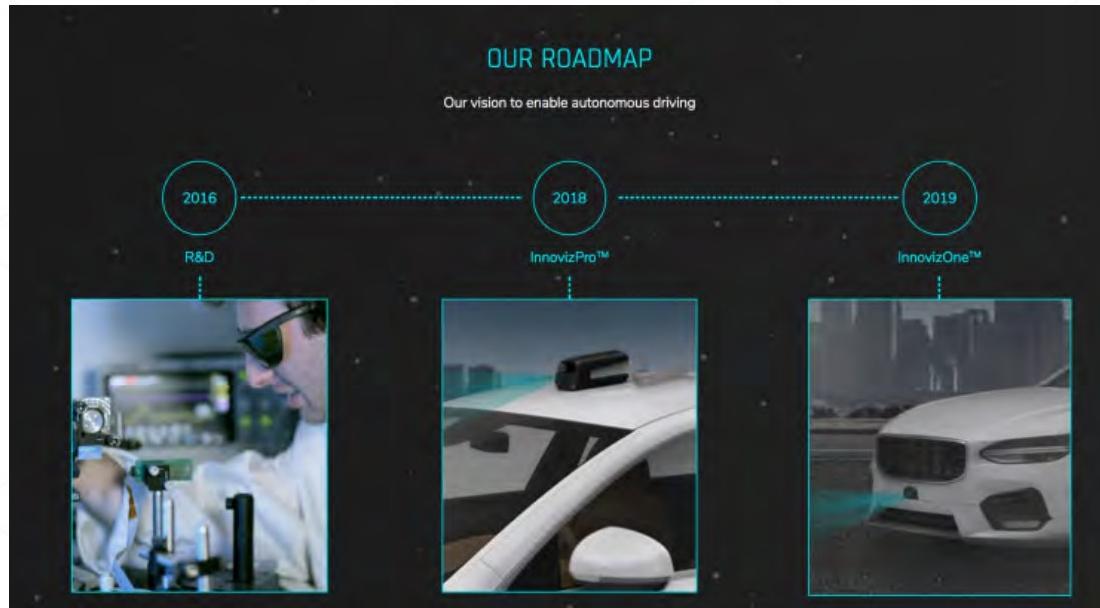
有了充足的弹药，Innoviz 表示要将激光雷达推向大规模生产阶段，还将大力招聘工程、设计、销售等重要岗位，并在重要市场开设新的办事处。

作为 Innoviz 此轮融资唯一的中国投资方，耀途资本合伙人杨光向雷锋网介绍，Innoviz 四位联合创始人曾是以色列国防军情报部队精英技术部门的「战友」，离开军队后各自在 Consumer Physics，

英特尔，Anobit（被苹果收购），bTendo（被意法半导体收购）和 NovelSat 等不同的科技公司、创业公司打拼，在 MEMS、光电、半导体领域有着丰富的经验——这正是激光雷达所需要的技术和经验。

2016 年初，Innoviz CEO Omer Keilaf 决定创业并确定进入激光雷达领域后，昔日的「老战友」得以重聚，目前 Innoviz 有一半员工都曾供职于国防军情报部队精英技术部门。

「这是以色列创新创业的最大特色，最优秀的人集结在最优秀的军队，掌握着最前沿的军工技术，而后在适当的时间，又成为了最好的联合创始人。这样优秀的创业团队即使在以色列也不多见。」杨光这样评价 Innoviz。



*Innoviz 产品路线图

Innoviz 产品路线分为三个阶段：产品研发、推出针对后装市场的量产版 InnovizPro（供车厂、自动驾驶用于研发、测试）、推出针对前装市场的量产版 InnovizOne。如今这三步已经完成了近一半。

这家以色列公司希望通过 HD-SSL (High Definition Solid State LiDAR，高分辨率固态激光雷达) 打造「性能优异、价格合理、尺寸小巧」的激光雷达。Innoviz 称这种新型激光雷达可以将价格压缩到 100 美元以内。

官方介绍，InnovizPro 与 InnovizOne 采用 Innoviz 专有系统、MEMS 和探测器设计，具备高清晰度 3D 扫描功能，能够精准、可靠地扫描汽车周边环境。



今年 5 月，Innoviz 发布了 InnovizPro，这款针对后装市场的激光雷达主要应用于自动驾驶、机器人、工业自动化、无人机和安防领域的技术测试。InnovizPro 尺寸为 18cm×8cm×8cm，探测距离为 150 米，预计将于 2018 年第一季度上市。

电子产品设计解决方案供应商 Jabil 将量产 InnovizPro，它还将为 Innoviz 提供电子产品的设计、生产和管理服务和大型生产设备。Innoviz 称「有信心降低其产品成本以满足广泛的市场需求」。



*InnovizOne 产品参数

而高清晰度、汽车级的固态激光雷达（HD-SSL）InnovizOne 在今年的 CES 上就已经展出。

这款产品的尺寸为 5cm×5cm×5cm，能进行高清晰度的三维扫描，具有每秒 600 万像素的分辨率、测深精度低于 2 厘米、探测范围为 200 米。Innoviz 预计，随着生产规模的扩大，InnovizOne 的价格将可能低于 100 美元。

激光雷达几乎成为当今汽车厂商、科技公司研发自动驾驶汽车的标准配置，包括 Velodyne 的产能提升以及速腾聚创等国内激光雷达厂商进入量产化阶段，供不应求的状况已经有了不少改善。

目前，Innoviz 正与德尔福、麦格纳合作将 InnovizOne 整合进自动驾驶系统，针对 Level 3 到 Level 5 级的自动驾驶进行进一步产品开发，预计在 2019 年初开发出可量产的样品。

近一年来，在自动驾驶这条充满前景和想象空间的赛道上，激光雷达这一占据自动驾驶「半壁江山」的传感器，已经吸引不少资本入局（不完全统计，如下图）：

公司	根据公开信息整理，雷锋网新智驾（微信 ID：AI-Drive）制图					最新一次融资
	总部	首次融资	总融资额 (\$)	时间	融资额 (\$)	投资方
LadarTech	加拿大	2010	未知	2017.7	未披露	GO Capital Fund, BDC Venture Capital, OSRAM
TRI Luminar	美国	2010	1015 万	2017.2	1000 万	Samsung Ventures, Nautilus Venture Partners, Robert Bosch VC, Foxconn
TRI Luminar	美国	2012	2620 万	2017.5	900 万	Kickstart Seed Fund, Stage 1 Ventures, Cottonwood Technology Fund, Denso
Quanergy	美国	2013	1.345 亿	2016.8	9000 万	Delphi, Motus Ventures, Samsung Ventures, GP Capital, Sensata Technologies
比特灵动	中国	2013	未知	2014.1	600 万人民币	联想之星
robosense 速腾聚创	中国	2015	未知	2016.6	数千万人民币	东方富海、夏星锐正资本、普乐资产、东方富海
禾赛科技	中国	2015	未知	2017.5	1.1亿人民币	高达投资、将门创投、馨谷创投、远瞻资本
Velodyne LiDAR	美国	2016	1.5 亿	2016.8	1.5 亿	福特汽车、百度
Dixy	以色列	2016	6700 万	2017.8	5000 万	Third Point Ventures, WRV Capital, Union Tech Ventures, Bessemer Venture Partners, Maniv Mobility, Trucks VC
blackmore	美国	2016	350 万	2016.12	350 万	Millennium Technology Value Partners, Next Frontier Capital
DEEPSCALE	美国	2016	350 万	2017.3	300 万	Jerry Yang, Bessemer Venture Partners, Autotech Ventures, Greylock Partners, Andy Bechtolsheim
INNOVIZ 因诺维兹	以色列	2016	7400 万	2017.8	6500 万	Magna International, Delphi, 耀途资本、360 Capital Partners, Naver
Luminar	美国	2017	3500 万	2017.3	3500 万	GVA Capital, Canvas Ventures, 1517 Fund

读懂智能 & 未来

耀途资本作为 Innoviz 在 B 轮融资唯一中国投资方，如何看待这匹「黑马」？为什么 MEMS 技术会成为固态激光雷达的主流技术？中国和以色列两地的自动驾驶创业潮又有什么不同？

以下是雷锋网与耀途资本合伙人杨光的对话实录。

雷锋网：耀途资本参与 Innoviz B 轮融资是出于怎样的考虑？怎么评价这个团队？

杨光：智能驾驶是我们重点关注的领域，激光雷达是 Level 4 (SAE) 的核心传感器，所以我们非常看好这个领域，一定要投。

Innoviz 在成立不到一年的时间内，推出 InnovizOne 和性能大幅提升的 InnovizPro，让我们看到团队强大的技术研发能力。同时 Innoviz 还先后与麦格纳、德尔福达成商业合作，获得两家顶级 Tier 1 的认可，证明团队商业化的能力很强。

雷锋网：Innoviz 提到将会在重要市场开设新办事处，预计什么时候进入中国？

杨光：Innoviz 在 2018 年上半年就会推出针对后装市场的固态激光雷达 InnovizPro，目前已有多家国内的车厂和无人驾驶公司在接触，到时在中国市场应该会看到这个产品。

前装市场的 InnovizOne 预计在 2019 年底推出，届时主要通过 Tier 1 推向市场。

雷锋网：Innoviz 关于 HD-SSL (High Definition Solid State LiDAR，高分辨率固态激光雷达) 的介绍几乎没有，HD-SSL 是什么样的技术路线？怎么看待这个技术路径？

杨光：市场上主要有机械式激光雷达和固态激光雷达。后者有面阵、相控阵和 MEMS 三条技术路线。

我们押注 MEMS 方向，是因为从技术可实现性、量产可能、成本、稳定性上，都最具备大规模产业化的潜力。

Innoviz 在硬件层的激光，MEMS 和检测器上都有独特的技术。前装产品会进行芯片化（ASIC），同时在软件层的信号处理、机器视觉和点云方面也进行了大量优化，目前我们看到的路测样品已经达到非常好的效果。

雷锋网(公众号：雷锋网)：近几年激光雷达领域冒出了很多创业公司。从你们的角度看，怎么评价这些激光雷达公司的不同技术路径，以及它们的终局？

杨光：技术路径肯定是固态激光雷达，只有固态可以满足车规进入到前装市场，我们相信 MEMS 会是固态激光雷达的主流技术。

从创业公司的未来终局看，**有可能有公司**能成为激光雷达领域的 Mobileye，我们希望 Innoviz 能做到。但更确定的是激光雷达公司需要与 Tier 1 深度绑定，以更好服务车厂，不排除很多激光雷达公司会被 Tier 1 或者汽车电子领域的公司收购，如采埃孚买下 Ibeo 40% 的股权、英飞凌收购 Innoluce。

雷锋网：自动驾驶在耀途资本的整体投资板块布局中处于什么位置？

杨光：我们专注投资技术驱动的创新公司，在以色列主要投资从 0 到 1 的颠覆式创新公司，在国内主要投资从 1 到 N 的应用导向的技术公司。

自动驾驶结合了人工智能与汽车两个行业，是人工智能真正能够落地的应用，同时拥有巨大的市场空间，这是我们重点布局的领域。

其中涉及到核心的传感器和算法，这是以色列的优势。我们这一领域投资了以色列的固态激光雷达 Innoviz，在中国投资 Level 4 自动驾驶公司 Roadstar.ai。

雷锋网：目前汽车厂商、Tier1、科技巨头纷纷在这一领域加码。对初创公司来说，怎么能够独立发展壮大？或者说创业公司「玩得起、玩得好」自动驾驶吗？

杨光：创业公司需要找准切入点，不管是固态激光雷达，还是无人驾驶的算法和方案，都有很高的技术壁垒和商业价值。

巨头虽然看重但缺乏灵活性，并不一定做得好。创业公司如果能专注并在细分领域做出成绩，形成核心技术，车厂、Tier1 和科技巨头更大的可能是会收购创业公司，以尽快占领市场。通用收购 Cruise，福特投资 Argo AI 就是很好的案例。

雷锋网：耀途在以色列和国内很多领域投过不少案子，你们怎么看待现在中国、以色列两地「自动驾驶」的创业潮？

杨光：自动驾驶技术是全球化的竞争。过去，汽车电子行业基本被国外厂商垄断，所以不管是创业团队还是投资团队必须要有全球化的视野。

目前 Mobileye 和博世各自在视觉和毫米波雷达领域一家独大。相比之下，自动驾驶领域还处于百家争鸣的状态，资本对这一领域也比较关注，不少创业团队都拿到钱。

以色列大部分创业团队都在做自动驾驶底层技术的研发，而中国创业团队各个层级都有，但受制于自动驾驶商业化进程的影响，我们相信创业热度很快就会降低。

前期拿到足够资本的创业团队需要加快研发进度，积累数据，尽快实现某些特定场景或应用下的自动驾驶，跑得最快的会在未来融资或者并购退出上占据先机，而未来一两年再出来的创业团队，融资的难度会增加不少。



自动驾驶领军企业特写

景驰 3 个月内完成城区道路高峰时段路测，中国无人车梦之队要挑战 Waymo

作者：新智驾

导语：充足的激光雷达、精良平衡的团队、顶配车队以及中式大餐保证了战斗力。尽管景驰加入无人驾驶战局的时间很晚，但王劲认为目前在技术开发进度上他们已经比大部分团队要快。

雷锋网新智驾（公众号 AI-Drive）按：今年 4 月 3 日，景驰科技成立，这家由百度前高级副总裁、自动驾驶事业部总经理王劲创办，横跨中美两地的无人驾驶公司可谓含着金汤匙出生。更让外部惊讶的是它的发展速度，景驰在成立一个多月内便完成封闭场地测试，随后迅速取得了加州自动驾驶路测牌照，并在此一周后完成首次开放街区的路测。前后距成立不过两个月出头。

过去两周，在景驰结束了一个阶段的封闭开发之后，雷锋网新智驾先后在硅谷和北京采访了景驰的 CTO 韩旭和 CEO 王劲，并在其硅谷总部附近的街道上亲身体验了他们的无人驾驶样车。

在聚集 50 多个顶尖开发者以及数千万美金融资之后，景驰目前为何能取得超出公众预期的进展？取得这些进展的先行者到底做对了什么？这群先行者眼中的中国无人驾驶未来又是怎样的？



大约 11 点，王劲刚刚结束一个电话会议匆匆赶到受访的酒店，12 点半他还有一个会议。这天是周日，不到 24 小时后他马上又要飞离北京。

创业 5 个多月来，王劲说最大的变化是生活节奏变了，工作上决策的速度也比过去快了很多。还有，“胖了 6 斤”，王劲笑了。

景驰在硅谷的团队已经超过 50 人。“平均胖了 10 斤”，说到这王劲哈哈大笑，非常满意。

景驰梦之队

4月初刚刚创办的景驰科技很快锁定了启明创投领投的3000万美金Pre-A轮融资。这很大程度是因为景驰豪华的创始团队，除了王劲这位最早推动中国自动驾驶产业的先驱外，韩旭、李岩、吕庆这三个联合创始人也是业界大牛，三人分别担任公司的CTO、首席架构师和CFO。

吕庆是最先找到王劲的合伙人，他之前是Velodyne的CFO，在进入Velodyne之前已经做了十几年科技公司的CFO，在中美高科投资圈里是不折不扣的熟面孔。王劲在百度的任上代表了前者战略投资Velodyne，两人由此结缘。



市面上几乎所有开发无人驾驶技术的公司都要向Velodyne采购激光雷达，也有太多的公司想要投资无人驾驶领域，身在其中的吕庆很早就认定中国会出来一个非常强的无人驾驶团队。在吕庆看来，王劲和他的小伙伴是the best one。在景驰，吕庆是团队口中“最擅长找钱的人”。韩旭告诉我们，景驰现在可以说是“全球无人驾驶初创企业中资金实力最雄厚的公司之一”。

景驰的技术合伙人韩旭是密苏里大学的博导、终身教授，长期活跃在计算机视觉与机器学习领域。在学界，他拿过大把国际顶尖赛事的奖项；韩旭加入工业界，源自业界名人时任百度首席科学家吴恩达的邀请，韩旭最初负责百度的语音识别系统DeepSpeech2。不过

他很早就对无人车感兴趣，当百度成立自动驾驶事业部时，他就给自己当时的主管吴恩达和百度当时自动驾驶的直接负责人王劲写邮件，表达自己加入的决心，韩旭随后加入当时王劲牵头的自动驾驶事业部。

景驰现在的首席架构师李岩和韩旭在研究生时期就认识，是十几年的老朋友。李岩拥有清华大学硕士学位和卡内基梅隆的计算机博士学位，曾在微软研究院和 Facebook 工作过。加入景驰之前，他是 UCAR 北美实验室的主管，横跨无人驾驶和出行两界。李岩的加入甚至引起老东家的一场官司，这场官司很快消弭，但从侧面凸显出李岩的重要性。

 李岩不仅让景驰的工程能力上了一个台阶。更重要的是，景驰希望与上下游通力合作一起量产无人驾驶技术，团队需要合伙人精通熟悉出行服务这个产业中重要的变量。在雷锋网新智驾看来，与车企、出行公司以及地方政府通力合作推动无人驾驶在中国部分区域的落地是有大概率能跑通的，而景驰的团队配置让他们处于先发优势。

王劲说，现在的团队里主要聚集了两类人，一类是像韩旭这样的人工智能科学家，一类是像李岩这样的顶级工程师（top coder）。 “都非常优秀，非常平衡”，他顿了一下，又补充道，“都是中国顶尖，世界一流的”。

在王劲披露的团队名单里，还有一些响当当的名字：比如百度时期与楼天城齐名的陈世熹也加入了景驰，两人堪称编程双子星，圈内有“北天城南世熹”一说；再比如钟华和李岩是 CMU 的师兄弟，两人相差一届，都师从于世界顶级 CV 学者金出武雄（Takeo Kanade）。这些顶级算法工程师让景驰在具体实现上可以昼夜兼程。

就景驰的团队配置，称其为梦之队并不为过。



在英特尔最早的办公室，从左到右依次是韩旭、吕庆和李岩

豪华车库和中式大餐

一面招募团队，景驰在创立之初就向 Velodyne 下了一个百万美金级的订单，当时后者还不知道这家叫 JingChi 的公司是什么来历。韩旭告诉雷锋网新智驾，他们现在有“十几个激光雷达”，做无人驾驶的公司都知道 64 线激光雷达堪比军粮。

公司在硅谷的选址也显露出团队过往经验对他们的帮助。韩旭他们最初看过英特尔刚从仙童半导体拆分时的办公地，这也是硅谷的地标之一。可以预见，如果景驰甫一创业，就在这里办公，对于人才招募也会大有帮助，这也是让韩旭们至今念念不忘的缘由。可惜那个场地没有合适的车库，室外也没有可以圈起来用于测试的车道。

由此，韩旭、李岩和吕庆三人在传奇之地匆匆拍了张照，遗憾地把这个场地否了。

办公室很快敲定在 Sunnyvale Gibraltar Drive 330 号，这个场地地理位置同样优越，就在 101 公路 Sunnyvale 的出口，面积要比景驰最开始看过的场地要宽敞不少，而且场地相对独立，不仅有专属的停车场，还有宽广且相对封闭的车道可以用来做测试场地。

韩旭向我们介绍，Sunnyvale 的办公室一开始也没有停放无人驾驶车的专用车库，他们大约花费了数十万美金，重新改造了通风系统和采光系统。改造后的车库像模像样，雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾估算新车库的面积在一万英尺以上，大概是景驰整个办公面积

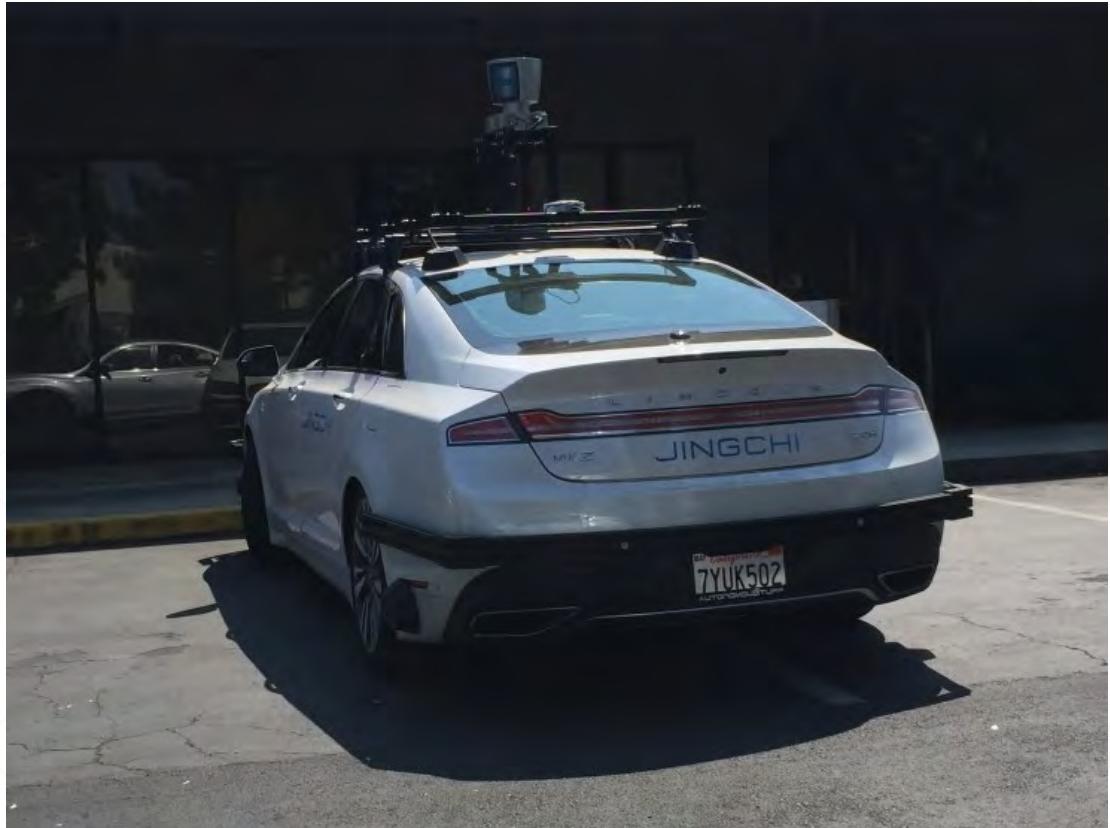
的五分之一。车库设在办公区相反的一侧，中间连接着用餐区和健身房等生活区，车库与健身房相连。推开健身房的门，一墙之隔完全是一个洞天。

韩旭的经验是，车库得有专门的场地，要离公司近，与测试场地要近，这样调试起来方便，能提高不少效率。韩旭之前做过测试，由于测试场地与办公场地不在一个地方，每次都要提前预约，这种周折会造成效率折损。要是没有专用车库，无人驾驶测试用的激光雷达等传感器昂贵，停车也会是个大问题。

景驰目前一共订了 4 辆林肯 MKZ 作为改装用的测试车，4 辆测试车看上去好像不多，但在硅谷华人背景的无人驾驶创业公司中已经是“顶配”了。



“理想状态下最好 5 个工程师有一辆测试车，这样新的软件算法可以快速得到验证。”王劲解释说，“你要是有 100 个工程师，要排队等一个 QA，那不是很惨。”他打趣道。景驰计划到今年底把车队的数量扩充到现在的 5 倍以上。景驰目前的车库空间看起来容纳 20 辆测试车绰绰有余。



*景驰的测试车林肯MKZ
雷锋网

在 Sunnyvale 公司附近的街区，景驰给团队成员都租了房子，走路就能到办公室。过去几个月，团队几乎处在封闭开发状态。不过因为进度很快，氛围融洽，以及伙食很好，“大家的状态都比较开心。”一开始王劲哈哈大笑，就是因为讲到伙食好。平时，景驰从硅谷的各大中餐馆里定制了各种中式大餐，一日三餐，犒劳工程师们的中国胃。

精良的团队、充足的激光雷达、专属车库和测试场地、“顶配”车队以及中式大餐保证了战斗力。尽管景驰加入无人驾驶战局的时间很晚，但王劲认为目前在技术开发进度上他们已经比大部分团队要快。这里，评价开发进度有一个很重要的依据——他们的测试样车

已经能在硅谷主要城区道路的高峰时段，“在车流量很大的情况下，满大街跑得很好，而且不需要人干预。”对于高峰时段，王劲强调了至少两遍，“能在硅谷主要城区道路的高峰时段流畅地完成驾驶，是初创公司中少有的，如果不是唯一的话。”

除了开发无人驾驶常规的感知、决策、规划、控制模块，景驰现在还有一个自主开发的大规模的仿真器以及一套快速精确生产高精度地图的方法。王劲说，无人驾驶是一个技术体系，比拼的是系统集成。景驰的团队综合实力很强——仿真器做得好，高精度地图做得好，所以整个系统的进度都会加快，测试样车也跑得更流畅。

在采访韩旭前，雷锋网新智驾也提前体验了一把景驰的无人驾驶样车。景驰工程师坐在驾驶位上（满足加州的法规要求），副驾驶位则摆放了一个主机和显示器，用于即时调试。后排座位前方还有另一台显示器，主要展示车顶激光雷达扫描得到的点云。

工程师启动车辆并驾驶了一小段后，设定了起始位置并按下方向盘上的一个按钮，车辆随即进入无人驾驶模式。刚启动时车辆轻顿了一下，然后恢复平稳。接下来的行驶中，如果不是事先已经知道结果，难以分辨到底是人类驾驶还是机器驾驶。沿着 Sunnyvale 的周边道路，测试样车演示了自主转向、自主变道和通过红绿灯等操作。试乘的最后，工程师直接接管方向盘，车辆就退出了无人驾驶模式。

韩旭则告诉我们，团队的下一步计划，是在扩大车队的基础上，优化算法，降低解决方案的造价，以及让测试样车在更大的区域内能跑起来。

中美无人驾驶会超过德日

在过去 L1 和 L2 的自动驾驶技术上，德系和日系厂商布局很早，也有丰富的量产经验。王劲的一个判断是在高度自动驾驶技术，也就是无人驾驶规模化部署和量产上，中美的厂商会走得更快——中美有更多人工智能、深度学习方面的人才。景驰的目标是在 2020 年中叶做好量产自动驾驶技术的准备。

本质上从 L1 – L3 的自动驾驶系统，都是面向特定场景、有限条件下的自动驾驶。而从 L4 开始，自动驾驶系统是为了应对各种各样无限多的驾驶场景设计的。L1 – L3 的自动驾驶系统与 L4 的系统相比，在传感器、计算硬件上的配置不同，但韩旭认为制约现有自动驾驶系统的瓶颈是我们还需要更好的算法。更好的算法，意味着能应对越来越多的极端驾驶情况，也意味着需要大量的驾驶数据。用传统建立规则（rule-based）的方法来处理海量的驾驶数据是非常吃力的，这个时候深度学习和人工智能起到了庖丁解牛的作用。

中国汽车产业的机遇和洗牌

王劲最早在跟奇瑞谈判时提出了汽车的“三化”：新能源化、智能化和共享化，今天看来这已经作为主流观点被行业接受。未来的汽车产业会是提供智能汽车与出行的联合产业，科技公司、车企和出行公司会整合在一起，密不可分。随之而来，王劲认为产业会发生几个变化：

- 未来汽车行业的竞争，会是科技公司、车企和出行公司融合的竞争，不再是单个公司单打独斗能够获胜的；
- 无人驾驶会带来汽车安全性的极大提升，而共享的无人驾驶出行服务在提高效率的同时会把出行成本至少砍掉一半，乘客的出行成本下降而运营企业的利润提升，出行市场的规模至少会翻一番；
- 在共享出行服务的框架下，汽车品牌之间的差异会减小，能够提供比较好的出行服务的企业会掌握这一轮变革的主动权；
- 汽车会趋于标准化的生产。今天市面上看到的上百种车型，每一种车型都有一套昂贵的设计、测试流程。假设今后主流的前 10 款车型能满足市场 80% 的出行需求，能极大地降低汽车和出行的成本，汽车的销售甚至有可能因此从今天的 B2C 模式变成 B2B 的模式。

全球跨国经营的大型汽车集团有二十几家，受网约车新政影响仅国内的共享出行服务提供商就有上百家，更何况，还有各省市传统出租车公司旗下数以百万的运营车辆。王劲认为，相比车企和出行公司，真正有能力把无人驾驶做出来的科技公司是很稀缺的，可以说是凤毛菱角。

景驰给自己的定位是，作为一个技术和综合运营能力上的领先者，他们会把使能 (enable) 城市共享出行的无人驾驶技术原型做出 来，上游是硬件厂商，在下游则是联合车企、出行公司或者其他合 作伙伴，从明年起逐步规模化地部署运营车辆，最后在 2020 年中 叶实现量产无人驾驶汽车。这条路径也是自动驾驶领域最主流、影 响最大的路径，王劲说，“**我们对标的就是 Waymo，要做到世界一流。**”

王劲还非常清楚地记得公司成立后的每个技术里程碑：5 月 12 号第 一次完成封闭道路测试，6 月 18 号拿到加州路测牌照，6 月 24 号 已经在硅谷的主要城区道路跑起来了。韩旭说，景驰的风格是注重 结果和速度。让无人车在高峰时段的城区跑起来，他们已经交出了 第一阶段的答卷。

虽然目前大部分团队都在硅谷，韩旭说当公司越来越壮大的时候，会把重心放到国内，硅谷研发中心则继续保留。在完成技术原型打

磨后，景驰马上要面对的是开展稍大规模的测试部署，特别是在国内。

王劲和韩旭在百度时期都经历过让无人驾驶进入常态化运营的挑战。韩旭向新智驾回忆说，去年 11 月的互联网大会召开前，他们从 6 月份开始要在乌镇部署一支无人驾驶车队。乌镇当时恰逢大范围的道路施工。令他印象深刻的是，在当地部署无人驾驶车辆一个多月后，有一天一辆施工车拉了一条黑色的电线，把前面的路给封住了。那是很细的一条黑线，机器根本没法识别出来。路上还时常有农民骑着三轮车逆行。

技术上的难点也有很多，当时他们的无人驾驶车主要还采用一些传统的算法，识别距离偏短。**雷锋网** 南方的高温带来计算硬件散热的问题。当时几十个工程师在乌镇包了一个旅馆，一直在测试。韩旭说，乌镇的无人驾驶 demo 是让国人第一次知道无人驾驶不是科幻，而是可以变成真正的产品与服务。

景驰的动作很快。两个月前，王劲和吕庆拜访了一座南方城市，他们参观了这座城市里的一家车企、一个保税物流中心，并查看了市内的几条主干道。

景驰第二阶段的规模化部署具体是怎样的？王劲笑了笑。现在还没有到揭秘这个答案的时候。

但可以预见，蓬勃的中国无人驾驶市场需要有世界级的无人驾驶技术提供商，特别是扎根中国的团队。



独家 | Roadstar.ai 自动驾驶样车上路，深度融合技术路线能否超越 Waymo？

作者：张驰

导语：“自动驾驶可能是目前最适合技术创业的领域，因为它的瓶颈就在技术，其它都会顺理成章。”



*Roadstar.ai 原型车的内部视角

硅谷的 9 月 28 日上午，雷锋网编辑坐上了一辆顶着 7 个激光雷达的林肯 MKZ。它远远就看到了路口的红绿灯，车内的大平板上对应的交通灯被一个红框圈出来。MKZ 继续往前开了一段，稳稳地停在了路口。一大群学生模样的年轻人从车前的斑马线走过，并不断回头看这台顶着装置的新车。

绿灯亮起，我们乘坐的这辆 MKZ 起步并按照预定路线右拐。一路上，道路右侧有遛狗的人、踩着滑板的人，还有逆行的自行车。我们的车按照 30 英里的时速在苹果的后花园 Cupertino 行驶了一圈，然后回到了出发时的车库门口。

你或许已经猜到了，这是一辆自动驾驶原型车。



这辆车来自 Roadstar.ai，这是一家今年 5 月成立，横跨硅谷与深圳两地的自动驾驶公司。公司三位联合创始人佟显乔（CEO）、衡量（CTO）、周光（首席机器人专家），曾供职于 Google、苹果、特斯拉、英伟达、百度等公司，拥有丰富的自动驾驶经验。

佟显乔在今年 6 月接受雷锋网采访时称，公司的目标直指 L4 级别自动驾驶，希望成为中国最强战队。在约 3 个月后，Roadstar.ai 的原型车初步成型。上文就是我们近日体验了原型车后的感受，雷锋网也是除公司员工外首批体验原型车的外部人士，并在试乘后与三位联合创始人聊了聊背后的技术细节。

下面是路测视频：

走上“正确的道路”

实现自动驾驶有多种技术路径，比如以摄像头为主的方案（特斯拉、AutoX），和以 64 线激光雷达为主的方案（Waymo、百度）。Roadstar.ai 解决自动驾驶技术瓶颈的方案是多传感器深度融合。衡量表示，它不以某一种传感器为主，而是包括了多个激光雷达之间的融合，多个摄像头之间的融合，以及激光雷达与摄像头、毫米波雷达的融合。



*Roadstar.ai 原型车上的“车顶盒”

雷锋网见到那款 MKZ 原型车上，顶部有一个被称为“车顶盒”的方形架子，有车身宽，约 30 多厘米高。架子上布置了 7 个 Velodyne

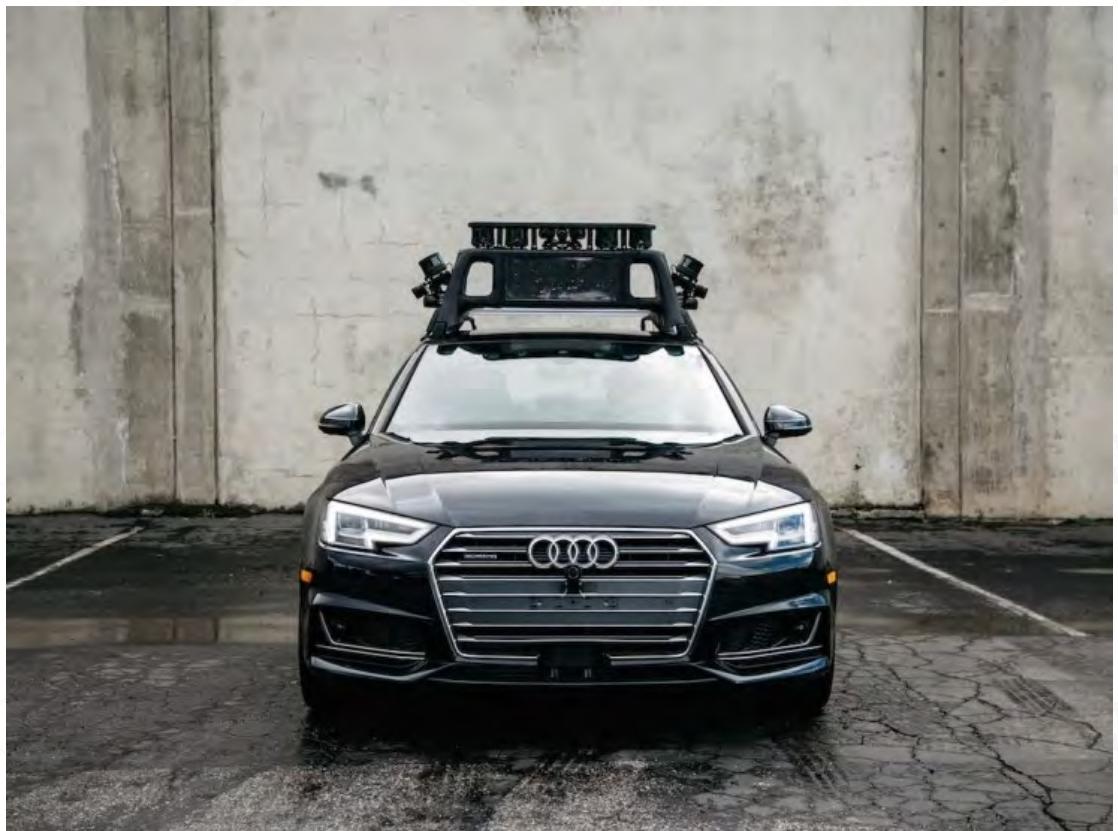
的 16 线激光雷达，三个摄像头，以及一个毫米波雷达。7 个激光雷达在同一平面排列成一个钝角三角形，最外的两个朝车身两边倾斜，中间四个水平放置，顶上的那个最为奇特，是垂直放置躺着旋转的。

周光表示，最终的方案不会是这么大的一个传感器，而是会嵌入车体，比如激光雷达可以安装在车顶的四个角。“我们有一套基于机器学习的实时标定方法，车辆行驶时可以做自动校准，激光雷达可以随便放置。”

多传感器融合倒也并不独特。从目前已经曝光的图片来看，通用与 Cruise 在两周前宣布推出的全球首款可量产自动驾驶车，就是用的这种方案；硅谷知名的自动驾驶公司 Drive.ai，以及一直保持低调的 Zoox 也是如此。曾供职于苹果自动驾驶部门的佟显乔告诉雷锋网，苹果也是用的多传感器融合方案。



*Cruise 的第三代可量产自动驾驶车，用了多颗激光雷达分布式布局



*Drive.ai 的原型车，车顶有 6 个 16 线 Velodyne 激光雷达



*苹果的新版原型车（也有猜测为高精地图采集车），顶上有十多个激光雷达
周光称，这是因为各家已经逐渐“摸索出了正确的道路”。

雷锋网
读懂智能&未来

他认为，自动驾驶是一项具有长尾效应的系统工程，由于现实路况过于复杂，以至于 99% 的精力可能都会用于解决那 1% 的问题。多传感器融合就是解决这种长尾效应的方法，毕竟异构传感器则可以互相弥补缺点，而如果用同质的传感器，再多也没用，因为缺点是一致的。

他还举了一个例子，就像人脸识别早已很普及了，但往往受光照和装扮的影响，但苹果 Face ID 添加了一加了一层深度信息后，就能让身份验证更安全。多传感器融合也是同样的道理。

面向商业化

另一方面，佟显乔表示，采用多传感器融合架构，也是考虑到了自动驾驶车辆的商业化。

对于目前的 L4 自动驾驶方案而言，激光雷达高昂的价格是一个挑战，甚至在原型车的成本中，它往往要占比超过 50%。他表示，64 线的 Velodyne 激光雷达单个价格达 8 万美元，而使用多传感器融合方案，即使采用 6 颗 16 线产品，价格也只是 48000 美元（每个 8000 美元），便宜了将近一半。如果采用国产激光雷达，价格甚至可以再降低至少一半。

另一方面，业内普遍认为激光雷达的未来趋势是固态激光雷达，据称明年初即可开始见到单价 2000 美元的量产型号。而固态产品在 2–3 年内取代机械旋转式后，单个价格还可以降到 500–1000 美元。

而固态激光雷达是非旋转式，只能覆盖一定范围的区域，需要多个同步才能实现对周围空间的全面覆盖。所以使用固态激光雷达必须使用多传感器融合方案。

佟显乔还预测，使用多传感器融合方案，并考虑未来固态激光雷达带来的成本下降，2018 年自动驾驶系统的成本会在 50 万左右，

2019 年还会降到 30 万以内，在 2020 年甚至会降到 8 万以内，让技术更为普及。

深度融合：DeepFusion

虽然多传感器融合的重要性不言而喻，但衡量认为，并非所有人都能做好。

他解释称，这是因为异构传感器的原理不一样，会导致采样速率、对空间的描绘和信息表达方式也不一样，而怎么把不同的信息结合起来变得一致，做到时间空间同步，以及信息表达同步，这非常困难。融合不是传感器的堆叠，“融合不好，反倒会成为干扰”。

Roadstar.ai 将自己的融合方案称为“DeepFusion”，这一方面是指用到了深度学习等技术，另一方面是指触达了更深层次的数据信息。

衡量告诉雷锋网，多传感器融合可分为前融合与后融合。后融合是指每个传感器分别生成物体列表，比如用摄像头的数据生成一个检测到的物体列表，同时用激光雷达的点云数据也产生一个列表，然后两者再做融合。他们采用的则是前融合，它会从原始数据的层级把多种传感器的数据融合。

“我们会用图像的 RGB 数据加上激光雷达与毫米波雷达的深度信息，先融合成新的数据形式，再用算法产生物体列表。”

衡量表示，从信息论的角度看，前融合对信息的利用更为充分，信息也没有丢失。

他此前曾在斯坦福 GPS 实验室做卫星导航，而导航领域很早就开始做融合，比如将非常可靠但有累积误差的惯性导航，与易受干扰但无累积误差的 GPS 定位做融合，对于从原始数据的层级做合并已经轻车熟路。

Roadstar.ai 今年 5 月才成立，佟显乔表示，这个时候开始做肯定是要有特别的优势，要走新的路线，达到事半功倍的效果。这条路线就是多传感器融合，而且“大家都逐渐意识到这是一个正确的方向，最终各主要玩家也会趋同，而我们目前是领先的”。

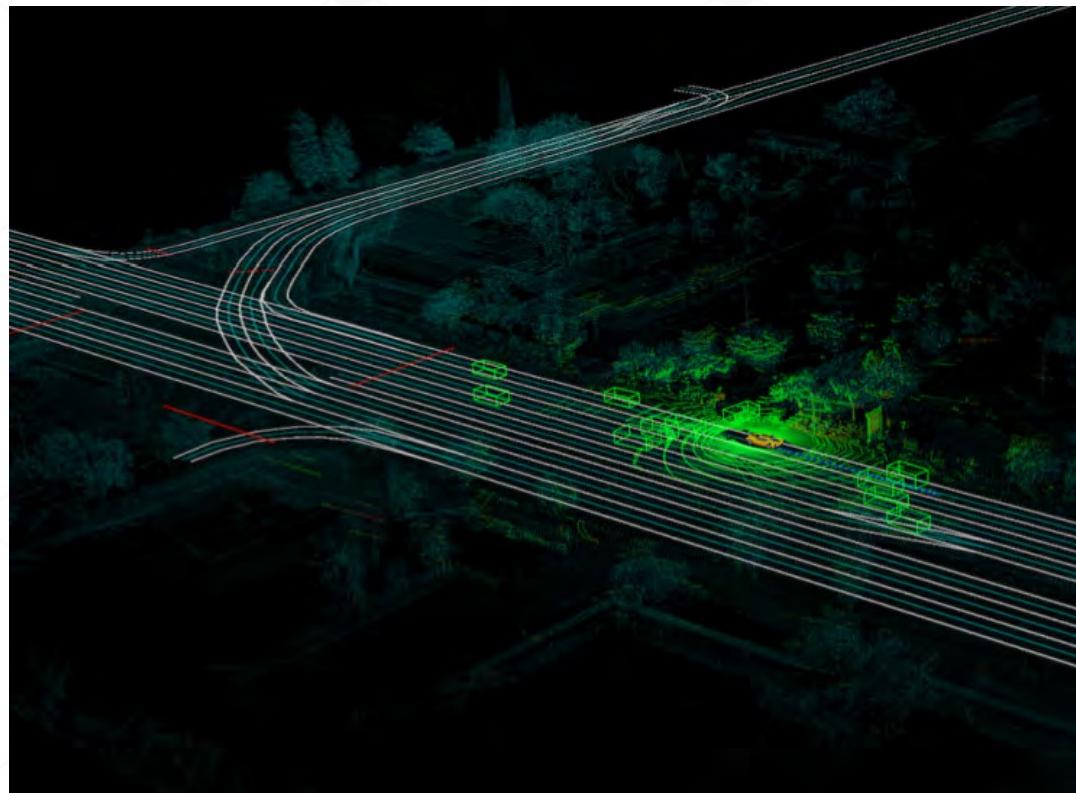


雷锋网体验 Roadstar.ai 的原型车时发现，其系统对红绿灯的识别极为准确，甚至在人眼还未看到时，就已经识别出来了。衡量解释称，这是因为高精度地图对交通标识的定位很准确，从而降低了识别的难度。

在自动驾驶时代，地图服务的对象不再是人，而是机器，因而也需要重新定义。毫无疑问，高精度地图的第一个关键字是“精”，既精确且不断更新的三维数据。精度上要做到厘米级，因为传感器的精

度以及系统对物体辨识和识别都要厘米级，有了足够的精度，地图提供的数据才有用。

衡量告诉雷锋网(公众号：雷锋网)，高精度地图的第二个关键，是提供感知与定位所需的特征的有效表示，而这也是他们的优势所在。



*Roadstar.ai 的厘米级精度三维地图，图片来自 Roadstar.ai

“传统地图与高精度地图在工具链、生产流程不一样，目的、地图表达方式和数据来源也不一样，Google 地图部门与自动驾驶的地图部门就是分开的。前者是一个大规模数据库快速查询的问题，但对后者来说，更关键的是地图怎么生成，怎么有效表示，怎么尽量减少存储空间，这是我们的长处。”

高精度地图分为不同的层级，有与驾驶相关的语义信息层级（如车道线、停止线和十字路口、交通规则等信息），还有更高层次的感知与定位的层级，用来做车辆的感知与定位。

他认为，只有做感知与定位算法的自动驾驶公司，才更懂得怎么做地图特征的提取。因为把原始点云数据存下来不现实，需要压缩并减少数据量。

对于高精度地图，Roadstar.ai 还没想成为提供商，但可以向其它公司提供地图生成的算法，帮助加工。

那么在原型车出来之后，接下来应该做什么？

周光表示，数据还是很重要。 在发挥现有技术和架构的优势，达到不错的效果后，还是要采数据，扩大规模。他认为，有些场景很难出现，要大量重复路测采集才能覆盖更多的路况。虽然机器学习的效率会提高，对数据量的要求也会降低，但自动驾驶会呈现迭代的过程，需要通过运营来采集数据，最终扩大到更广泛和复杂的场景。

目前，Roadstar.ai 已经与华夏幸福合作，明年会在南京溧水区有小范围的自动驾驶车辆运营。另外，据称关于自动驾驶的商业化路径，他们进行了调研，会在接下来的 1-2 个月内披露具体的商业计划。雷锋网会保持持续关注。

附雷锋网与 Roadstar.ai 采访节选：

在大公司的经历带来了什么影响？

团队成员之前在苹果、英伟达、Google、特斯拉、百度等任职，是取各家之所长。各家的思路不同，传感器和架构也很不同。苹果用的就是多传感器融合方案；特斯拉是量产中 ADAS 最好的，它是工厂的思路，会从整车的设计成本出发，限制自动驾驶系统的成本，这决定了它不会有更贵的传感器，而是以摄像头为主；Google 算法较为成熟，但过于依赖激光雷达且成本昂贵。我们希望做到比 Waymo 更好的性能，但成本要低。

为什么会认为多传感器融合方案要优于 Google/Waymo？

Google 通过近十年的努力，其实已经证明无人驾驶技术是能做成功，是可行的，而且基本已经可以商用了。但它既有先发优势，也有先发劣势。

Google 把以激光雷达为主的技术路线走到了极致，在它最开始做自动驾驶的那些年，图像识别技术还不够成熟，只能依靠激光雷达。但这种时代特色与背景，让新方法没有在其技术上体现出来，而这也是新兴公司的机会。Google 自研的激光雷达性能非常突出，但这一传感器目前成本降低还有很长一段时间。

L4 级别自动驾驶的时间已经到了吗？

其实 Google 已经证明全自动驾驶技术是可行的，它可以做到平均行驶 5000 英里才需要人类接管一次，基本已经可以商用。但它比较保守，毕竟是第一个吃螃蟹的。现在从特斯拉 Autopilot 的情况来看，即使出现了一些事故，大家也没有失去信心。那其实可以胆子大一点，让自动驾驶在一定范围内，在限定条件下先运营起来。

你们的目标是 L4，那对一些更为限定的自动驾驶应用会考虑吗？

特殊场景的自动驾驶确实会比乘用车率先实现，因为情况比较简单。我们设计的时候，每个传感器和每个模块都是抽象的，可以任意替换。我们技术的一个子集可以用在简单的场景下，不用重新开发，比如针对矿山车，可以降低配置，或用更简单的算法，和低成本的计算平台。



一开始就做最难的场景，对于简单场景不必重新做。

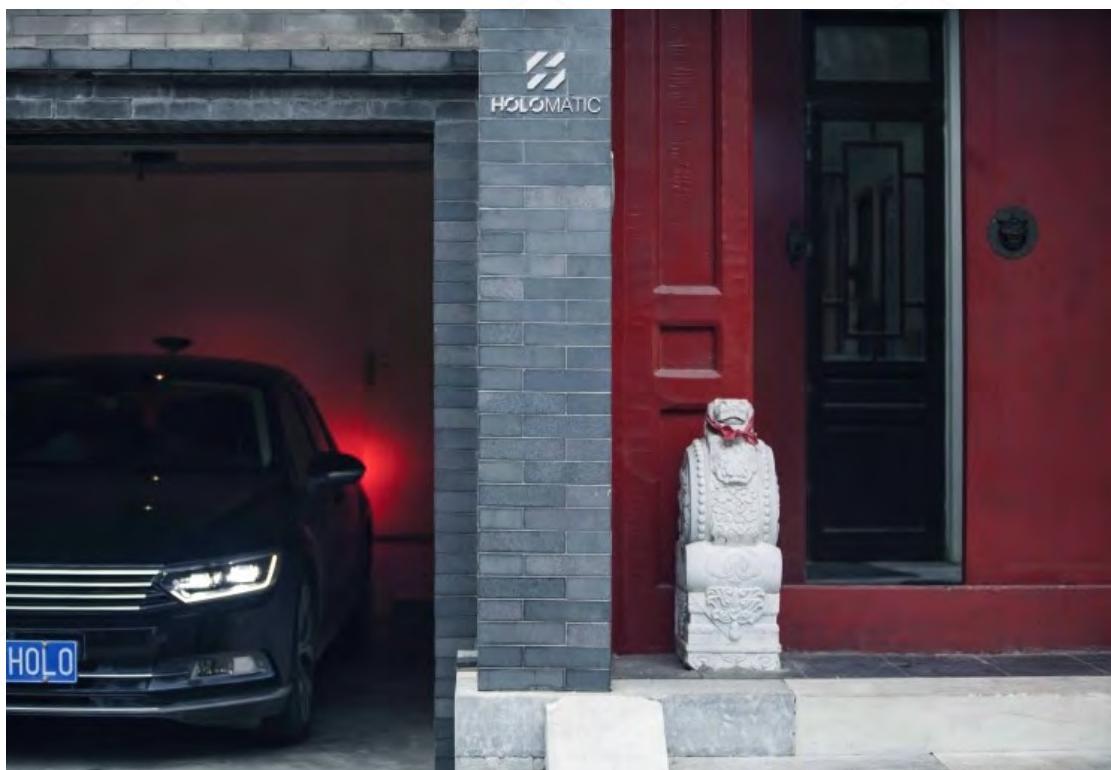
你们的原型车刚出来不久，数据较少会是一个弱点吗？

深度学习确实是数据驱动的算法，但我们的深度融合算法（DeepFusion）提高了数据的使用效率，使得我们新的端到端模型对数据的依赖降低了一个数量级。现在的架构用几千张图可能就可以实现普通方式十几万张图的效果。我们的模型现在是几千张点云加图像数据融合在一起训练，对数据的利用特别高效。

对话倪凯：解密禾多科技面向量产的 L3.5 自动驾驶技术

作者：吴德新

导语：倪凯创业了。



倪凯创业了。在禾多科技研发基地，几十人的工程师团队已经开始忙碌。门口的车库里停着一辆调试中的测试车，车牌尾号刚好是“HOLO”——与禾多科技的英文名“HoloMatic”呼应。

大约 4 年前，倪凯从美国回到北京。作为百度无人车最早的初创人员之一，倪凯想起来这个领域当时还“乏人问津”。而现在，自动驾驶成为了焦点，大量的资源、资金、人才甚至政府政策都开始向着这里倾斜。

今年 8 月份，禾多科技与江淮汽车意大利设计中心签订了战略合作协议：两方将在欧盟创新框架计划下，针对轻量型智能电动车，提供未来城市出行解决方案。简单来说，禾多科技会在欧盟这个计划落地的小型电动车上，提供自动驾驶解决方案。

经历过大公司牵头推动的自动驾驶平台、互联网公司主导的新造车潮流，倪凯他们瞄准的是自动驾驶产业里的一个甜点（sweet spot）：与合作伙伴共同开发，向整车厂提供一个在技术上接近 L4、产品设计面向量产化、能够建立数据壁垒，封装的 L3.5 自动驾驶解决方案。

自打在清华硕士期间创造了当时世界无人车最高时速，倪凯与自动驾驶已结缘超过 10 年。在上周他和雷锋网 · 新智驾（公众号 AI-Drive）的对话里，他与我们分享了，他们所发现的这个甜点：

（下面是雷锋网（公众号：雷锋网）· 新智驾整理的采访实录，雷锋网 · 新智驾作了不影响原意的删减）



- 什么是 L3.5 的自动驾驶系统?
- 一个好 L3 和一个孬 L3, “差距”在哪里?
- 中国特色的数据驱动的自动驾驶

- 整车厂想要什么样的交钥匙方案？
- 不同车企的基因和需求
- 2013 – 2017 年，行业的变迁

一、什么是 L3.5 的自动驾驶系统？

新智驾：禾多为什么要做 L3.5 的自动驾驶系统，怎样理解它比 L3 更好，达到准 L4 的水准？

倪凯：L3、L4，我觉得定义分级标准的时候，可能当时实现的技术还停留在 L2 的阶段。往后对 L3、L4 的描述，我们说 L3 的系统是需要人接管的，L4 是不需要人接管的， 它并不是一个产品级的定义。

它没有对接管的频率、系统本身的冗余、紧急情况下的处理能力做出要求，只是说 L3 的自动驾驶系统遇到紧急情况是需要有人去接管的。那最蹩脚的 L3 和最好的 L3 之间，我觉得差距是非常大的。

L4 的系统一般分成两个部分：一部分是应对正常驾驶情况的系统，另一部分是应对紧急情况的系统。当遇到紧急情况时，系统会执行两个步骤：第一是决定要切换到应对紧急情况的系统，第二个步骤是应对紧急情况的模块真正控制车辆，进行预先设计好的紧急情况

处理流程。这里面最困难的地方在于 L4 的定义，假设它永远能处理各种各样的情况，所以业内公认 L4 的成熟需要很长时间。

那我们现在关心的是针对量产车上的自动驾驶技术路线作出一个定义：它是不是要有冗余，是不是要有应对紧急情况的模块，是不是要限定用户接管的频率等等。我觉得需要把这几件事情说清楚，而不是一味地说这是 L3。

我们找到的定位是，做一个接近 L4 的系统，把它降维到 L3 来用，这个系统具备紧急情况处理的模块。

我们的第二个考虑是，自动驾驶未来在乘用车上会有两个大的应用场景：一个是 to B 的，L4 的系统在车辆共享的场景里很有意义，但 L3 的系统因为需要一个司机把控驾驶，所以它就不能很大提升车辆共享的效率。

对 C 端的个人消费者来说，最先具备自动驾驶消费能力的人肯定是一二线城市这帮人，如果你能把他们 80 – 90% 的驾驶时间解放出来，这已经是一个非常棒的用户体验。而 L4 到普及还很远。如果 L3 的系统卖 1000 块钱，能解决 80 – 90% 的驾驶问题，L4 的系统能解决所有的问题，但因为开发难度大，它可能就需要卖到 5000 块甚至 10000 块了。

所以从用户的角度来说，我认为 L3 是能够满足 C 端消费者的需求的。

新智驾：是不是可以理解成是 L3 对个人消费者来说，性价比更高，而 L4 更适合共享？

倪凯：更准确的说，应该是车辆共享更需要 L4 的技术。

新智驾：可否理解成是，现在好多整车厂都想要一个好的 L3，而不是一个 L4？

倪凯：我觉得大部分车厂，包括最新的奥迪 A8 未来要激活的功能，再之前的标致、宝马公布到 2020 年、2021 年都会有类似的功能出来。



二、一个好 L3 和一个孬 L3，“差距”在哪里？

新智驾：一个非常差的 L3 和一个非常好的 L3，差距在哪里？

倪凯：包括留给用户接管的时间，是 5 秒还是 10 秒，包括在用户无法接管的情况下紧急处理模块应对的能力。

L3 的系统，用户大部分的时间还是处于撒手 hands-off 的状态，怎样去跟人去交互，去警示驾驶员，做车内驾驶员状态的分析，用更好的人机交互手段去唤醒他去接管驾驶，我觉得这些都是 L3 定义中没有的，但做产品的时候需要考虑的事。

新智驾：像哪些已有的或者即将量产的产品，如你所说能够给用户更好的交互，或者给更多的时间去接管驾驶？

倪凯：现在我们还没有看到一个 L3 量产的系统。奥迪 A8 是量产车型中唯一一个宣布支持 L3 的，但我们还没有看到实车激活的视频。目前业界还没有标杆式的产品，这也是我觉得这个东西值得做的原因。

评价一个好的 L3 系统，除了人机交互层面，还有就是 L3 本身实现的一些事情。像奥迪的 Traffic Jam Pilot 是 0 – 60 公里时速内应用的一个功能，好的 L3 能不能支持更宽的速度范围，应对更多的驾驶场景，这都是需要考虑的。



我相信奥迪 A8 的大部分研发还是在欧美，所以它在中国的道路上也要做足够多的验证、适配。

三、中国特色的数据驱动的自动驾驶

新智驾：禾多科技对外的描述中非常强调“数据”，怎样理解数据是禾多科技的一个特点？

倪凯：数据这个事，相当于我们公司在技术上的核心战略。因为自动驾驶本身的产业链非常长，我们希望在中国市场上选一个真正有壁垒的技术模块，用巧劲形成竞争壁垒。我相信这会和中国独特的道路数据相关。

任何跟数据相关的技术模块，包括跟地图相关，跟周围的环境车辆，跟驾驶习惯相关的模块，都会是我们比较关注的。

其次，中国对数据监管一直是比较严的。无论国外的厂商、tier 1、tier 2，或多或少都会跟国内的公司形成合作，或者支付许可的费用。围绕数据，我觉得也会形成一个走得通的商业模式。

新智驾：禾多科技已经在做的跟数据相关的技术模块，具体包含了哪些内容？

倪凯：现在像跟我们的合作伙伴，基于高精度地图上做的自动驾驶定位，然后像感知、规划这些模块。我们有自己的模拟器，能够支持后面的一些开发验证，这些都是我们在做的事情。

新智驾：技术模块的开发是一方面，数据的壁垒怎样去建立呢？

倪凯：第一阶段我们会跟合作伙伴一起研发 L3.5 的系统，在研发阶段我们会跟合作伙伴做很多数据积累的事情。后面的话，和我们未来的客户包括整车厂们，我们希望通过相互共享数据，形成共赢的模式。

不光测试、仿真、驾驶数据，真正在车辆运营时，数据也会共享。现在整车厂对于 2019 以后的车型，也真正慢慢在考虑数据采集、数据回传这些问题。

这些数据的采集回传，并不是传统意义上整车厂所擅长的内容，也需要有资质。所以我们希望跟有资质的合作伙伴一起来做这件事。

新智驾：现在业内也有不少各种形式的数据联盟，比如 FCA 既跟 Mobileye 合作，也跟 Google 合作，百度阿波罗又是另一种形式的联盟，禾多科技的数据共享在其中能有什么样的优势？

倪凯：其实市面上选择并不是那么多。首先市场上并没有一个很好的 L3 的交钥匙方案。谁能把这个方案拿出来，就是一个非常重要的事情。

第二个是数据采集资质的问题，你刚说的 Mobileye 和 Google，即使他们在国外有了交钥匙方案，到了国内依然要面临资质的问题。

我们希望能够打造一个平台来解决资质的问题，这样未来就能占到比较大的先机。

四、整车厂想要什么样的交钥匙方案？

新智驾：刚刚讲到市面上还没有交钥匙解决方案，那么跟着比较快能拿出解决方案的是否是一些国际 tier 1？或者说，禾多科技面临的主要竞争对手是谁？

倪凯：国际的 tier 1 在看交钥匙解决方案，但他们更多的精力还是放在欧美。一般据我们的了解，像 L2 这样的功能，推广到国内至

少比国外要慢半年到一年的时间，那我觉得往 L3 上面走，时间只会越来越长，因为需要做的适配、测试、验证，时间会更长。

那最后留下两种选择：一种是国际 tier 1 借助国内厂商的能力来缩短这个时间，另一种是整车厂直接跟国内厂商合作。

新智驾：这是 tier 1 的部分，还有一部分是还有很多自动驾驶整体解决方案的创业公司，你们怎么跟他们比较？

倪凯：我们其实做的也不是整体解决方案，我们做的是整体解决方案的一部分。因为说到 L3 的整体解决方案，那我们就变成了 tier 1。我不觉得我们在做 tier 1，毕竟我们现在还是聚焦在上层跟数据相关的一些工作上。



但我想做的业务模式，是一个面向量产的技术路线，会是跟硬件结合的封装好的自动驾驶系统。这个封装最后是由我们来主导，还是由我们的合作伙伴主导，还会在研发的过程中再去定义。我们封装好的解决方案，会跟传感器、计算设备，有一个比较强的匹配。

新智驾：你们会涉及到车辆的一些控制方案吗？

倪凯：这个也会涉及，但主要看一些具体的项目，一些主机厂或者 tier 1 会比较倾向自己去做，我们主要还是做客户做不了的，更适合/需要第三方来做的模块。

新智驾：前不久你们公布了与江淮的合作，江淮的这次战略合作为什么选择了禾多科技？

倪凯：我们在国内还是比较有特点的一支团队。最早的时候我在百度做的更多的是 L4 的方案，我们基本上是从零开始完成了 L4 方案的测试，包括与宝马的合作，之后在乐视，针对量产的自动驾驶方案，也是从零开始做。我们跟国内、国际上，很多供应商都有合作积累。

不光是江淮，很多的品牌也在做自己的共享服务，吉利的曹操、力帆的盼达等等，车辆共享代表着主机厂一些新的商业模式。我们也在思考，在这个商业模式下，怎样用我们的技术跟他们结合。



新智驾：产业内有很多整车厂，每个车厂有不同的车型，这个时候，你们的自动驾驶技术怎样跟这么多的车型结合？

倪凯：其实我觉得，实际的情况跟你的问题刚好是相反的。车厂希望拿到的是 ABCD 的选择，希望的是交钥匙方案，当然每个车厂会有一定程度的定制化，但整体上他们希望看到一个交钥匙的解决方案。这需要联合从地图到软件、到传感器、控制器、执行器的公司，把方案拿出来。

车型确实都在千变万化，比如上汽、长安有很多车型，他在做产品定义的时候，会考虑在 SOP 的阶段能拿到的交钥匙方案是什么，然

后会考虑怎么去做定制化，自己去解决哪些问题，加入一些独有的功能。整车厂是以这样的方式思考这个问题的。

新智驾：你们希望在 2020 年之前，和合作伙伴一起拿出一个 L3.5 的交钥匙方案？

倪凯：现在 2020 年、2019 年的项目规划都有。

新智驾：我们怎么去挑这些合作伙伴呢？

倪凯：我觉得一是有互相的信任，二是对自动驾驶真正的投入。大家的投入程度可能会不一样，有些真正想做脚踏实地的能量产的车型，有些相对来说会关注在中短期的项目上，我们也会评估合作伙伴的投入程度。



还有一个因素是，合作伙伴与我们的技术互补性，我们明确要做一些东西，不做一些东西，我们希望跟合作伙伴在技术上是互补的。

最后一点，我们也希望在商业模式上，把数据共享这件事走起来。

五、不同车企的基因和需求

新智驾：在自动驾驶研发上，德系车厂、新造车企业和国内的传统车企有什么不同？

倪凯：不管是德系的主机厂还是供应商，我们要承认他们在 L1、L2 上确实走得比较靠前。他们有非常多的做 L1、L2 的 know-how，但是他们整个企业的基因也决定了缺少后面做软件算法的一些人才。每个企业都有自己的基因，基因决定了企业擅长做的事情，不擅长做的事情。

恰恰自动驾驶从 L1、L2 走到 L3、L4，我觉得确实是，对他们不擅长做的部分，影响被放大了。结果就是给擅长做软件算法的公司提供了一些机会。

走在前面的是德系厂商，美国、日本还没有德系厂商走得靠前，中国是相对比较空白的市场。我觉得擅长在中国做自动驾驶的软件、算法、解决方案，相当于找到一个甜点末点(sweet spot)。

新智驾：你觉得禾多科技的基因是什么？

倪凯：我觉得我们有 2 个基因：第一，是我们擅长做上层跟数据算法相关的模块；第二，因为团队之前的项目经验，我们跟汽车行业供应商有很好的合作关系，我们非常懂得面向量产的路径。这两个优势加在一起，让我们选择了去做 L3.5 这样一个事情。

六、2013 – 2017 年，行业的变迁

新智驾：你是从 2013 年开始做自动驾驶技术的产业化？

倪凯：产业化的事情，其实更多还是2015年 – 2016年开始做的事情。产业化是我们以量产方案、销售产品为最主要目标，跟产业合作的层次是不同的。

新智驾：只为一个车型做自动驾驶系统，跟现在为很多车企的不同车型做自动驾驶系统，有什么样的差别？

倪凯：其实定位是完全不一样的。你在主机厂的时候，你要对整个自动驾驶系统负责，不管这个自动驾驶系统是你自研发的，还是供应商提供的。

我觉得自动驾驶领域会形成一条相对细分的产业链。自动驾驶是一个系统工程，意味着不能有明显的短板，对每一个模块的要求都是非常高的。一条细分的产业链，带来的好处是你可以把某一件事做得非常精，不需要站在主机厂的位置上考虑所有的模块。

作为一个主机厂，它的资源是有限的。国内大大小小有上百家的主机厂，做自动驾驶的可能有几十家，能调用的资源能不能撑起每个主机厂做一个能够商业化的优秀的自动驾驶系统？从资源上来说，这不可能，也不符合整个社会的效率提升的基本原则。

从效率的角度看，主机厂会做自动驾驶的一部分工作，但大部分还是产业链的供应商来做。

为什么我觉得跟数据相关的东西会掌握在供应商手里？因为主机厂之间共享数据是很难的，你只有作为一个供应商，服务多个主机厂，才能够确保跟不同的主机厂在同一个数据闭环里，大家能做到共赢。你才能在这个平台上实现一定程度的数据共享。

数据共享对于平台的技术迭代是至关重要的。只有这样的平台，未来能够支撑自动驾驶的发展，如果只是主机厂单打独斗，我觉得是不够支撑自动驾驶发展的。

新智驾：从 2013 年到 2017 年，你觉得行业有什么变化？

倪凯：大的观感上来说，见证了刚开始在百度还是一个没有特别多人关心的，基本新闻上也见不到特别多报道的领域，到现在每天都能刷到自动驾驶相关的新闻。

行业热度带来了好处，也带来了坏处。好处确实是整体社会资源向行业倾斜，坏处是多少让行业有点浮躁，会出现一些急功近利的想法。

我相信不管多热的行业，到某一点，行业还是会冷静下来。但在市场冷静理智的时候，你需要业务、技术能带来一个坚实的支撑点。

新智驾：可否和同行的从业者，分享一下之前的一些的弯路或者经验？

倪凯：需要把自己的定位和想做的事情看得比较清楚。如果只设一个短期目标，可能不管研发还是从数据积累上，并不一定能为最大最重要的那件事服务。

其次是想清楚市场上需要什么，什么事情是真正可持续发展的。还是要在合适的时间做合适的事情。



海量驾驶行为数据，如何成为这家公司 拥抱自动驾驶生态的秘密武器？

作者：思佳

导语：有一天，从你驾驶一辆汽车踩下油门的那一刻起，数据便可以为你的驾驶行为代言。



试想一下，如果有一天，从你驾驶一辆汽车踩下油门的那一刻起，数据便可以为你的驾驶行为代言，日积月累之下，数据逐渐成为最了解你的人，并将这种了解转化成更安全出行的参考，以及应用在汽车产业链中的更多应用场景中，甚至是未来的自动驾驶。那会是怎样的体验？

其实，这种模式并不稀奇，一个典型的商业化模型是已经在欧美等国家较成熟应用的 UBI (Usage Based Insurance，基于驾驶行为定保费的保险) 车险，该险种最早成型于美国，如开先河者美国的

Progressive 公司，就是通过车载 OBD 等设备的植入逐渐扩大数据的摄取规模。从商业模型上，UBI 起源于 PAYD (Pay as You Drive 按里程付费)，目前一些 UBI 车险仍会采取这种方式计费，但这还不算是真正的 UBI，相比于时间、地点等外部因素，还有一个赋予汽车能动性的关键，就是“人”。

评驾科技是中国国内的早期 UBI 车险模型探索者，其新任 CEO，也是原长安集团 PSA 项目发起人、富有 20 余年汽车从业经验的行业老将徐骏告诉雷锋网新智驾，评驾要关注的，便是“人”。

评驾科技成立于 2015 年，是基于车联网的驾驶行为大数据运营商和服务商，公司致力于通过广泛合作构建规模化的驾驶行为大数据，并基于对算法和基于人工智能的分析模型的研发，形成对数据的价值提取和应用，最终成为连接主机厂、用户和车险公司的新的产业链一环。目前，据雷锋网新智驾了解，评驾已与包括长安、北汽在内的国内车厂达成战略合作，未来合作伙伴还将拓展到江铃、铃木、马自达等更多主机厂，甚至是物流公司、汽车租赁公司等等。

如今，UBI 在中国还处于商业化的初始阶段，但在这个商业模式的载体背后，是未来海量驾驶数据规模化集成和分析的车联网发展的必然趋势，另据美国 ABI 咨询公司日前的分析，自动驾驶趋势的到来，将促使 UBI 车险行业诞生更多的可能性。那么，厂商到底如何

建立起自己极富竞争力的数据帝国呢？这些数据又是如何相互打通，最终成为车联网行业更多应用场景的参考？雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾与评驾科技 CEO 徐骏，以及评驾首席精算师吕定海聊了聊 UBI 行业的真正玩法和变局。

UBI 的灵魂——数据

数据，成就了 UBI 这个业态的诞生和发展，也将在可预见的未来成就车联网乃至无人驾驶的生态成型。前面说到，UBI 险种在欧美等国已有多年实际应用，而在中国，至今仍没有落地的 UBI 险种诞生。其中的壁垒，数据占最主要因素。此前很长一段时间甚至如今，国内在驾驶数据方面的欠缺基本包括以下几点：



- 没有足够的数据
- 数据收集的载体未被铺开
- 数据分析方面的精算模型未广泛应用

而这，也成为各家 UBI 模型布局商形成核心竞争力的关键之一。对于 UBI 在数据收集、数据匹配和分析上的内在逻辑，评驾科技首席精算师吕定海为雷锋网新智驾进行了细致的讲解。

目前，评驾的数据源大体划分为以下几类：主动获取的数据源，第三方数据源，历史数据源，以及保险端数据源。

1、主动获取的数据源：基于车载硬件设备中的传感器获取数据。

这种车载硬件包括 OBD 设备、智能后视镜、行车记录仪等等。例如，评驾与国寿财（中国人寿财产险）和长安汽车三方合作案例，通过车载智能后视镜收集数据。吕定海告诉新智驾，智能后视镜中内置两个模块，一个是 GPS 模块，一个是 G sensor 加速度传感器模块，数据由这两个模块产生。此外，评驾与北京汽车也有类似合作。

所以，从底层而言，不同的车载硬件其实区别不大，重要的是内部搭载的能够指示车辆驾驶行为的传感器。

2、第三方数据源：将数据获取工具植入第三方 APP 和车机系统，从而收集数据。

吕定海告诉新智驾，他们曾与科大讯飞合作，将工具植入车机系统中的科大讯飞芯片中，也可以获得诸如 GPS 和加速度等数据。此外，由于智能手机也包含了上述传感器，也可将工具植入合作方的手机应用中进行数据采集。

3、历史数据源：其中涉及一些车联网数据。

对于一些第三方的历史数据，可以直接拷贝，进行增量价值的提取挖掘。

4、保险端数据源：来自保险公司的承保理赔数据等。

这方面数据需要与车载传感器获取的数据进行打通融合，即数据匹配。一旦通过车辆车牌号、车架号等 ID 形成匹配，那么这部分数据将为驾驶行为分析提供重要参考。

如何打通非同源数据？

与现今一些对用户画像的数据分析模型类似，来自同一辆汽车的行为数据很可能由两种或两种以上的渠道获取，这就涉及到非同源数据的匹配问题。

与人的身份证类似，汽车也有标识其唯一身份的 ID，车牌号和车架号就是这个 ID。“有车架号就可以关联保险数据”，吕定海如是说，“如果车架号不能获取，就退而求其次用车牌号，再不然就是发动机号，这三种数据都会在保险公司备案。”

通过数据匹配，才能贯通非同源数据，并将驾驶行为数据“对号入座”。但其实，这是个相当庞大的议题。

吕定海透露，对于这个问题，来自监管部门层面的力量正在介入并试图建设行业标准。据悉，评驾的团队目前就参与了车联网数据标准制定以及建模测算组的工作，建模测算组的目标，就是将车联网数据与保险数据匹配打通，为整个保险行业搭建基础平台。

吕定海告诉新智驾，目前，评驾的数据分析算法团队有 7 人，分别负责算法原型设计、工程实现，以及大数据工程。结合评驾目前的数据采集和与车厂、保险公司的资源整合能力，算法团队将设计出不同的分析模型和产品，不但为保险公司所用，还会为车厂对流向市场的产品监控起到参考作用。吕还表示，未来将逐渐扩充团队，加入自动驾驶方向人才。



*评驾基于驾驶行为数据分析的基本架构

自动驾驶趋势下的车险行业变革

车辆实现自动驾驶后，就没有“人”什么事了，UBI 车险会就此消亡么？

此前已经有许多企业和机构思考过这个问题。今年早些时候，英国出台针对自动驾驶汽车的首个保险制度，制度将事故定责划分为“正常驾驶”和“自动驾驶”两种模式。有趣的是，如果车辆在“自动驾驶”模式下，那么保险公司会先进行赔偿，而后向事故责任方索要损

失，这个责任方，将由汽车制造商或车主承担，也就是说，车主目前还不会在“自动驾驶”模式下得到事故免责。

不过这也只是暂时的，有人预测，未来自动驾驶时代，个人的驾驶商业险将终有一日不复存在，取而代之的，是自动驾驶整车或核心零部件的责任险，并由车企等自动驾驶厂商承包。

但吕定海不完全认同，“这其中有点问题：第一，车厂是否愿意包揽车险这件事情；第二，车厂注重品牌建设，大型保险公司具有行业的品牌效应和议价能力，但车厂自立部门做这件事情，是对庞大系统的挑战；第三，不排除一些新兴造车企业对车险模式的颠覆性创新，例如特斯拉目前就通过补交保费差额的方式干预保险公司对特斯拉车型的保费定价。”



但不论如何，保险行业必将随自动驾驶未来趋势而变化，这是许多人都会考虑的问题。而对于评驾而言，他们眼下是将数据分析在保险行业中的应用做好，未来他们沉淀下的海量数据资源和独立算法模型对数据的分析和理解能力，也将成为征战自动驾驶市场的筹码。

对话评驾 CEO 徐骏：UBI 如何构建车企、保险公司、用户闭环？

徐骏是汽车行业从业 20 多年的老将，此前曾就职于长安汽车，一手促成长安与 PSA 的合资项目落地，而后他先后分管长安 PSA 的

采购、供应商体系搭建、营销等业务流程。今年2月，徐骏加入评驾科技任CEO。此前的一次公开演讲中，徐骏曾说，“**UBI将发挥桥梁的作用：第一座桥是把主机厂和保险公司连起来，第二座是把人和车连起来，第三座是把人、车和社会联系起来。**”他也和新智聊了聊如何形成UBI产业的商业闭环。



*评驾科技CEO徐骏

新智驾：如何评价目前国内的UBI车险行业现状？

徐骏：UBI 车险模型大约在 13 年左右被引入中国，现在在中国的市场时期有些像共享单车的初始时期。为什么这么说？UBI 车险面对 3.1 亿驾驶人员，3 万亿的行业市场价值，它的潜在爆发性和增长空间与共享单车有一拼。但不同的是，单车是所有人能直观理解的事物，大家都可以骑，但 UBI 却并非如此。即便对于主机厂，这个概念也需要渗透的过程。

目前，UBI 车险在美国、英国、意大利等国有了一定发展，但渗透率也并不高，在中国，它对于 C 端的知晓度几乎为零。这时候，推广就是一个手段。国外一些地区将这种模型作为法规进行了要求，在中国，目前一个是通过交管系统进行推动，例如可以基于数据帮助交通排解拥堵和进行道路规划；同时，保险公司会拿出一笔钱鼓励用户加入 UBI 车险体系，驾驶行为优秀会逐年在保费上有所优惠。国内与国外的推广方式和难度是不同的，目前我们是通过建立主机厂、保险公司和评驾的三方合作，形成闭环。

新智驾：主机厂、保险公司和 UBI 厂商的三方合作具体指什么？如何均衡三方的收益？

徐骏：形成闭环的前提，是要明白不同的角色需要的是什么。以保险公司为例，他希望获得什么呢？第一，他希望做大客户规模；第二，他希望利润增加；第三，他希望用户的忠诚度提高。而对于主机厂，他也需要用户忠诚度的提高，此外，他还希望得到对用户车

辆驾驶和使用情况的大数据分析，包括车的性能是否满足应用场景、车在设计制造时的目标受众是否与后续的真正买家一致等，这些都是车企必须要做的市场分析。

另外，此前，主机厂和保险公司的链条是断开的，主机厂把车卖给4S店，4S店与保险公司建立联系卖给用户车和保险，而加入UBI，就将主机厂与保险公司的纽带联系起来。

目前，我们会与主机厂合作，通过半前装或后装的方式，将采集数据的硬件与汽车绑定售卖给用户，以此获得数据；另一方面，通过基于驾驶行为的分析模型帮助保险公司降低恶意骗保率，提升利润，同时，保险公司通过UBI模型在保额上不断给予用户折扣奖励，提升用户粘性。



新智驾：此前有消息称保险公司会与Tier 1厂商形成一些创新性的保费定制合作模式，例如一些安装Mobileye产品的车辆，其投保时候保费可以相应降低，原因是Mobileye的ADAS功能降低了车辆事故率。评驾如何考虑类似的合作？

徐骏：我们也有与供应商的合作，目前主要考虑的是一些前装的硬件零部件商，我们可能会通过采购的方式将硬件安装到主机厂的汽车上，再交付到用户手里。不过目前不便透露。不过主机厂方面，我们已经与长安、北汽等车企达成合作，未来与江铃、铃木、马自

达都将陆续开展合作。此外，还会与物流公司、出租公司、分时租赁企业等探索更多合作模式。

新智驾：自动驾驶产业趋势为保险业带来了新的话题，那么在车联网乃至未来的自动驾驶趋势中，评驾如何思考自身的角色？随着自动驾驶时代的到来，UBI 的产业形态将如何延展？

徐骏：UBI 相对于车联网而言，是很小的一个部分，不同的是，UBI 为人和车之间建立了联系，往大了看，UBI 相当于将生态圈中断裂的一环补了起来。从前，车联网生态中的几乎所有服务是围绕人产生的，但没有人针对驾驶员本身进行评估。我们相当于将人、车和交通路网三者串起来。而未来，机器最终代替驾驶员，也不能按照机器的方式来开车，而是要逐步地趋近于人的驾驶行为习惯。所以真正的自动驾驶技术也离不开这些数据模型的结构基础。

徐骏还告诉新智驾，目前，评驾科技正在与中国保信和中汽中心联合牵头专项组，就 UBI 车险标准化及未来汽车生态链下的法规制定做出推进工作。此外，评驾也与交管部门联合开展活动，帮助交管部门推动不良驾驶行为监测和更环保的出行生态。“北京是个非常好的例子，在北京交通中车辆时速每提高一公里，累积减少损失 17 亿元人民币。”

类似的应用场景还会有很多。不断将车企、供应商和第三方厂商融入数据生态，将成为评驾科技在自动驾驶浪潮下打造核心价值的终极武器。



专访 | Drive.ai 王弢：3 种车型准备就绪，与 Lyft 合作的自动驾驶打车服务即将上线

作者：吴德新

导语：Drive.ai 与 Lyft 合作的自动驾驶打车服务上线在即，而新加坡也将成为他们在亚洲扩张的第一站，在这个时间点上雷锋网 · 新智驾探访了 Drive.ai。

继今年 6 月份拿到 NEA 领投、GGV 跟投的 5000 万美金 B 轮融资后，9 月初 Drive.ai 与 Lyft 宣布将在旧金山湾区开启自动驾驶打车服务的试运营。紧接着在同一个月内，Drive.ai 宣布拿到东南亚打车巨头 Grab 1500 万美金的投资，并将在未来几个月内筹建新加坡办公室。

加州和新加坡可以说是目前全球针对自动驾驶测试法规建设最开放和完善两个地区，Drive.ai 与 Lyft 合作的自动驾驶打车服务上线在即，而新加坡也将成为他们在亚洲扩张的第一站，在这个时间点上雷锋网(公众号：雷锋网) · 新智驾探访了 Drive.ai 位于 Mountain View 的总部。



创业第 3 年

2015 年，斯坦福 AI 实验室的 6 个博士/硕士生集体休学，他们邀请了机器人学家 Carol Reiley 和资深商界顾问 Fred Rosenzweig 加盟，组建了一个规模颇大的创始团队。到当年 4 月，团队拿到了一笔 5 万美金的种子基金，并在硅谷 Santa Clara 的硅谷创源孵化器开启了真正的车库创业。

Drive.ai 联合创始人王弢告诉我们，眼下团队已经超过 80 人，超过半数在做软件方面的工作。因为 Drive.ai 在整个自动驾驶解决方案的设计中采用深度学习优先的策略（deep learning first），所以很多软件工作都与深度学习相关，除了常规的感知、定位、规划、控制外：

- 深度学习需要跑大量的训练数据，他们有专门团队进行架构设计和基础设施的搭建，比如 GPU 运算集群；
- 深度学习训练需要高质量的标注数据，所以 Drive.ai 内部开发了一套数据工具，通过半自动化加人工的方法提升数据的标注效率。据说此前业界有人完成一个小时的数据标注需要 800 个小时，而 Drive.ai 使用工具可以把效率提高 20 多倍，并且标注的信息非常完整（比如在三维激光雷达点云中，把车辆、行人、自行车、车道线都标注出来）；
- 他们在搭建专门的车载信息通讯系统（message passing system），用于连接各个传感器和中央处理器等节点之间的通讯，这个系统相当于是 ROS。但因为 ROS 并不是针对自动驾驶设计的，所以他们设计了一套比 ROS 效率更高的系统；
- 王弢现在主要负责开发规划和控制算法的团队；此外 Drive.ai 有自己的地图定位系统，模拟器的开发则是跨数据标注、数据可视化、规划与控制三部分的团队。

到今年，Drive.ai 已经完成了自动驾驶技术在 3 种不同车型上的适配，包括最早的林肯 MKZ，后来的奥迪 A4，以及新近加入的一款厢式车（van）。王弢告诉我们，这意味着 Drive.ai 的自动驾驶系统已经可以在混动车、燃油车以及商用车等多个车型之间移植。

而新加入的厢式车，也意味着他们的技术不仅应用在载人，也做好了载货递送的准备。

技术路线

Drive.ai 的技术路线一贯强调深度学习优先。



仅从传感器方案来看，他们面向后装市场的自动驾驶改装套件（retrofit kit）已经逐渐定型。以奥迪 A4 为例，他们在车顶正上方连接了 4 个 16 线激光雷达，车顶两侧斜放 2 个 16 线激光雷达，车顶上方和两侧再配合多个鱼眼摄像头，车头加装 1 个毫米波雷达。不同车型使用的传感器方案略有差异，团队也会随着市面上可用传感器的变化，调整一部分的技术选型。比如新的厢型车上就采用了更高线束的激光雷达，整个方案使用激光雷达的数量也相应减少。

选择将大部分传感器集中在车顶，对 Drive.ai 来说，也便于这一套方案进行批量部署。

在 Drive.ai 的实车上，我们还可以看到 4 个激光雷达底下有一个 LED 屏幕，用来显示跟其他车辆及行人交互的信息。这个屏幕背后还集成了一些处理器，它们会将传感器获取到的数据进行预处理。

整体来说，Drive.ai 的后装改装套件会包含一套传感器方案、用于跟外界交互的屏幕，以及封装在一起的处理器，这 3 部分硬件集成在一起构成了车顶的模块，然后连接到后备箱的计算机上。王弢说，目前整套系统的功耗，通过算法优化大概是几百瓦的样子，相当于是一台高性能的游戏 PC，像奥迪 A4 这样的燃油车也可以支撑系统的运营。



在车库里，Drive.ai 已经准备了将近 10 辆样车。现在他们跟外部的合作方式主要是：OEM 开放车辆的一部分 CAN 接口，Drive.ai 完成线控的改造，然后接入自动驾驶的软硬件，第一批车辆会通过与商业车队运营方的方式开始运营（比如 Lyft 或者是物流车队）。

即将上线的 Drive.ai&Lyft 联合打车服务

9 月 7 日，Drive.ai 与 Lyft 联合宣布很快将在旧金山湾区面向公众提供自动驾驶打车服务的试运营（Pilot Program）。在这个项目中，Drive.ai 会利用现在的 3 种车型组建一个混合车队。根据 Lyft

的描述，如果乘客选择的路径刚好是他们的高精度地图已经覆盖的区域，那么乘客就有可能会打到自动驾驶的汽车。王弢告诉我们，Drive.ai 与 Lyft 会专门为此开发一个新的 app，这个 app 不同于现有的 Lyft app，会利用 Lyft 的车辆乘客调度后台，在应用交互层面又会融入 Drive.ai 的设计。

因为加州 DMV 在颁发自动驾驶路测牌照时，各个自动驾驶公司已经缴纳了 500 万美金的担保金并且为测试车辆购买了保险。所以目前在技术框架和法规流程的部分，自动驾驶打车服务面向公众开放已经准备就绪，目前 Lyft 和 Drive.ai 更多的是在讨论技术实施的细节。

王弢向我们透露，除了与 Lyft、Grab 两个已经公布的合作外，Drive.ai 还会有一个规模更大的落地项目。

下面是王弢接受雷锋网·新智驾采访的部分对话，新智驾做了不影响原意的编辑。

新智驾：你们的车载信息通讯系统不用 ROS，是因为 ROS 效率太低吗？

王弢：我知道业界很多公司在用 ROS，但因为 ROS 毕竟是为了自动驾驶设计的，所以我们自己在专门设计这一套系统。

ROS 是学术界的产物，它一开始设计出来就是为了跑在机器人上。它有几个好处，一个就是开源，开源以后大家都会去使用，会有一个社区，但这也造就了里面冗余的工具特别多，很多东西并不是为了自动驾驶而设计，而且很多东西会造成多余的操作。

当时我们验证下来就觉得 ROS 冗余太多，不够精简、不够专注，因此我们决定自己做一个更好，更切合自动驾驶需要的系统。

新智驾：Drive.ai 现阶段怎样用你们的产品跟车企合作，能否举一个例子？

王弢：我们之前的合作模式主要就是车企开放车上的 CAN 接口、线控接口，但线控的实现是我们自己做，最底层的接口还是需要跟车企合作。

就目前来说我们主要的合作伙伴是商业车队。在已有的车队基础上，我们帮他们进行自动化改造，我们将 turn key solution 加装到车队上，帮他们节约成本，这是第一步。

我觉得这些商业车队会首先大规模地应用自动化、自动驾驶技术，因为他们对价格不像终端消费者那么敏感，对汽车外型也没有那么严格的要求。

目前打造真正 L4、L5，完全不需要驾驶员的自动驾驶系统，还是需要很多冗余的传感器，如果真的要做到外观上把所有传感器全部藏

起来（整个系统达到量产的标准），即使是大车企想做这个事情，整合工作我们觉得没有几年是做不下来的。短时间内，这个车肯定看起来会比较科幻一点，终端的消费者可能会比较不接受这个车型。

但对于车队来说是，并不是那么在乎车外型是到底怎么样，看上去标新立异一点可能对他们本身的宣传甚至会有好处。

我们主要可以帮他们节省成本。因为车队目前基本上驾驶员的成本，在美国可能要达到 70%，所以这是很大的一块，如果可以帮助他们节省到的一部分成本，这对于他们来说是非常大的帮助。

新智驾：Drive.ai 跟合作伙伴的合作方式，比如跟车队部署改装套件这样的方案，OEM 在这里面有一些目标？除了开放接口，他们还有什么想法？

王弢：OEM 目前的主要商业模式还是卖车给终端消费者，他们大部分利润都是来自这一块。

现在有一个自动驾驶的趋势，他们也会奔向这个潮流，会有一些尝试，尝试量产一些带有 L2、L3 功能的车型，甚至有目标是作为 L4 的车，可能自己也会组建一些车队。

我知道有几家车厂在组建共享出行的车队，这个对于他们来说是下一个可能的增长点。但如果大家都选择共享出行，那大家都不会去买车了，对于他们自己本身商业模式会有一定的冲击。

车商的优势，一个在于系统的整合，把传感器、激光雷达、摄像头、毫米波雷达、计算平台等等整合进汽车，这是他们的强项。一旦有解决方案以后，他们可以把成本降低，大规模生产，这也是他们的强项。

但在这个过程当中，我觉得他们也有很多需要学习的地方。比如他们在硬件方面有一套，但普遍来说业界都不认为车厂在软件方面是非常有优势的。我们觉得我们可以在这块帮助车厂，这也是我们的合作模式之一。



新智驾：L3 这一块你们会有合作吗，因为现在车企对于量产 L3 还是很感兴趣？

王弢：L3 目前不是我们的重点，目前公司的重点还是 L4。

新智驾：运营方面 Drive.ai 会跟车队合作，这个车队是指什么？是指 Lyft 这样的平台还是更传统一些货运车队，还是商务车车队？

王弢：运营方面，我们希望可以成为自动驾驶的平台，核心的自动驾驶算法都是一样的，我们可以开放这些车队运营的服务接口，比

如一家物流公司想要跟我们合作的话，我们也可以开放一个接口给他们。

但核心自动驾驶的核心技术还是由我们来维护。

新智驾：Drive.ai 现在已经部署的 3 个车型，对你们来说有什么不一样，如何挑选的这 3 个车型？

王弢：一开始的话，如果要快速搭建系统的话，林肯 MKZ 是比较不错的选择。奥迪 A4，也是第一个尝试来展示我们交付 turn key solution 的能力，系统不需要大改动就可以放在不同车型上面。

第三个商用车这一块，我们也是展示能够做商用车的线控，同时我们的系统也不需要大改动在商用车上就可以实现。

新智驾：Drive.ai 跟 Lyft 的合作，你们会把这些无人车挂靠到 Lyft 平台上吗？

王弢：不一定完全使用 Lyft 的平台，可能会有一些差异，因为用户体验上还是有一些不同。

我们也要打造一个 Drive.ai 自己的平台，在用户界面上面跟普通的 Lyft 会有不同，是一个联合的 APP。

新智驾：刚刚我们聊到 Drive.ai 也在开发自己的高精度地图，这是具体是怎样的？

王弢：目前内部还是用的（自己开发的）高精度地图，但依赖程度没有那么高，我们对它的依赖方式也是会比较灵活一些。

比如有的公司在使用高精度地图的时候，他们是利用车道线的反射值来判断车道线的位置，跟地图进行匹配，进行定位。

但是我们发现，一旦下雨车道线反射率会有很大变化，所以这就是为什么在雨下得比较大的时候，可能有的技术方案是无法开的，因为地面会形成一层薄薄的水幕，所以雷达光打到地面上以后，它就很少有返回了，这其实是一个难点。

我们在定位上采取的是稍微有一点不同的路径，这样对于环境的敏感度不用很高，我们已经公布过一段雨天路测的视频。

新智驾：之前 Drive.ai 对外有谈到，不止会做载客，还会做货物的递送，两者会有什么不一样吗？

王弢：对于我们来说没有太大区别，因为我们选车型的时候也是选择了一个可以载人和载货两用的平台。

载货会通过跟物流公司合作，目前已经在谈了。

新智驾：B 轮融资完了之后，Drive.ai 有一个 retrofit kit 的规划，现在有什么样的进展？

王弢：retrofit kit 就是 turn key solution 的另一个说法，retrofit 的意思就是后装，我们暂时还不追求跟车进行完美的整合。还是在已有的车辆上进行改装，这样保证迭代的速度，能够更早把自动驾驶技术落地。

新智驾：你们会考虑做自己芯片或者定制芯片吗？

王弢：暂时不会。

新智驾：你们今年的目标是什么？

王弢：今年我们会有一个更大规模一点的落地项目，目前还没有公布。



新智驾：Waymo 早期想重新设计汽车，最后落地的时候并没有重新设计一个汽车。ZOOX 现在在重新设计一个新的汽车。

OEM 和自动驾驶公司对未来汽车长什么样会不会有比较大分歧，大家想的以后汽车是什么样子的？

王弢：我还是那句话，造车并不是一件容易的事情，虽然大家可能认为汽车行业并不是一个高科技的行业，但汽车行业是非常非常成熟的行业，它发展了一百多年，内部知识积累不是我们这些公司可以做的，可以很快赶上的。

当然电动汽车可能是一个弯道超车的机会，但是我觉得这会有一个过程，在这个过程当中，我觉得自动驾驶不能去等，不能去等电动汽车成型以后再搞自动驾驶，这两块得齐头并进。因为自动驾驶一些功能实现以后会促进电动汽车的发展。

举一个例子，电动汽车现在有一大问题是充电桩不够，充电时间比较长，但如果你能够实现汽车共享，你把车开到一个地方以后，然后这辆车可以自动开去附近充电桩进行充电。这样使用电动车的门槛就会降低了。

同时我们知道内燃机是一个比较复杂的系统，虽然现在也可以做内燃机的自动驾驶改装，但在引擎模型上，还是会比电动车需要做更多一些的工作。电动车的模型会简单很多，对于自动驾驶改造来说也是一个利好。

专访彭军：直奔 L4 无人驾驶，这有一份 Pony.ai 创立半年来的体会

作者：吴德新

导语：Pony.ai 选择的直奔 L4 无人驾驶这条路径，显然在现有的自动驾驶技术研发中最难的一条路径。但实现 L4 无人驾驶对人们、对世界的影响也是最大的。



*彭军与楼天城

2016 年年末，彭军和楼天城双双从百度美研离职。半年后，由两人创立的自动驾驶技术公司 Pony.ai 已经有 30 多位顶尖的工程师，并且拿到了加州自动驾驶路测的牌照。

彭军是百度美研最早的拓荒者，在内部他的技术级别曾是 T11；而楼天城则以卓越的编程能力被圈内称为“楼教主”，吴恩达更是盛赞“楼是最顶尖的程序员”。像楼天城一样，Pony.ai 今天 30 多人的队伍里吸纳了很多以一当多的人才——彭军称他们是最优秀，最能解决问题的人。

本周，彭军在北京接受了雷锋网 · 新智驾的采访，我们聊到了 Pony.ai 成立半年的成果。Pony.ai 选择的直奔 L4 无人驾驶这条路径，显然是现有的自动驾驶技术研发中最难的一条路径。但彭军和楼天城前后也几次提到，实现 L4 无人驾驶对人们、对世界的影响 (impact) 也是最大的。

下面是彭军与雷锋网 · 新智驾 (公众号 AI-Drive) 的采访实录，新智驾作了不影响原意的编辑。

新智驾：无人驾驶是一个比过去复杂很多的新系统，你们在开发的时候有没有碰到一些比较困难的地方？

彭军：我们的目标就是要在完全开放、真实的道路上实现无人驾驶。整个研发过程中，样车在路上遇到的情况，很多都是不可预测的，中间会碰到方方面面新的问题。

这也是为什么我们在招人的时候，强调最重要的一点是解决问题的能力。我觉得最关键的就是需要能够解决问题的人。

新智驾：Pony.ai 成立大概有半年时间了，这半年 Pony.ai 主要做了哪些事？

彭军：这半年，从我的角度来总结，核心就是几件事。

一方面是组建团队，吸引最优秀、最能解决问题，同时价值观跟大家都合的一批人；另一方面，从做事本身来讲，就是把样车做出来，在开放道路上实现很好的、安全的无人驾驶。

所有的事情其实都是围绕把样车做好展开。

新智驾：Pony.ai 选择直接做 L4 高速的无人驾驶，这个方向是怎么决定的？



彭军：首先这是所有出行领域中最大的一块，然后这也是最难的一块。我们希望做一个最难最通用的解决方案。在整个公司成立之初，我们就决定了要分两条腿走路：

首先，一定要做最好最难最优秀的技术。我认为在所有的垂直化的应用场景里，技术的相通性实际上是非常高的。比如说，像低速的园区车、无人送货车、清洁车、农用车、矿产车等等。通用平台做好之后，实现这些方向的应用其实都很容易。

而且，一些垂直化的应用并不见得比通用的方案更成熟，比如说怎么把五万块钱的车控制地很好，这比在 50 万的车上实现要难很多，因为车辆的控制不精准。

我反而认为在高端车上实现无人驾驶是要比低端车容易的。

新智驾：实现 L4 的无人驾驶，需要很多的数据，那怎么去获取很多的数据？

彭军：离不开实测，很多数据还是必须要我们自己采，自己去测。

我认为，数据和数据之间是不一样的，就是说不同家采集的数据是不太相通的。举个例子，像特斯拉辅助驾驶采集的数据，对于做 L4 无人驾驶的意义其实没有那么大。各家采集数据的密度、种类都不一样，至少在早期我们认为必须自己去实测。

其实无人驾驶数据的采集积累是蛮快的，还有一个更大的挑战在于如何收集、清洗和标注这些数据。很多数据标注的工作量是比较可观的，好的算法可以帮你自动标注一些，也有外包的解决方案来做这方面的事。

新智驾：之前提到，无人驾驶技术设计应该用平台化的方式，这如何理解？

彭军：平台化的设计，跟两条腿走路是一个意思，是做一个相对通用的解决方案，接口都更标准化。这样的话，通用平台在垂直化的领域上应用会更容易。

新智驾：之前你的访谈里描述了这样的观点，将无人驾驶技术卖给车厂是行不通的。为什么？

彭军：这可能有一点误读。无人驾驶技术，不像传统车厂与 Tier 1、Tier 2 所熟悉的方式，它实际上是一个软硬件整体的解决方案，跟车辆车型本身又是深度绑定，需要专门适配的。早期的无人驾驶应用，或者说无人车的商业化，一定不是把无人驾驶解决方案像过去 Tier 1 卖零部件一样卖给车厂。



这有几个原因：第一，从技术上讲，无人驾驶整体解决方案是深度定制化的，它不是一个标准化的事物，不容易按照零部件的方式去卖。当然里面某些技术点，比如地图生产方式、线上模拟的环境等等，这是可以商榷的。

其次，在车厂经营的这么多年里，以及围绕车辆建立的法律法规，整个解决方案要达到车规级的标准需要时间。而无人驾驶本身是一个不断迭代，靠数据驱动来更新的事物。

基于这几个考虑，早期无人驾驶的产品形态，不应该是以解决方案的形式卖给车厂。

新智驾：Pony.ai 跟一些新车企已经建立了合作，这方面的合作具体是做什么？

彭军：我们目前没有要互联网造车，至少还没有这个规划。所以跟车厂合作，是希望他们提供车辆平台，我们来提供无人驾驶技术，共同打造无人车。

新智驾：无人车是一个全新的系统，之前你认为需要大量软硬件的定制化的工作。具体我们怎样去定制这些软件、硬件？

彭军：硬件方面，我们主要是在已有的传感器的基础上，适当做一些定制化。举个例子，摄像头的模组，包括了 CMOS，摄像头的生产，控制件的生产以及图像预处理芯片等等，我们就会提出要求希望达到一个怎样的配置。

再比如激光雷达，那就是多少线的，什么类型的激光雷达，部署在什么位置，怎样的调校要求，基本上是这样去操作。

新智驾：据说 Pony 的同学重写了一版 ROS？

彭军：不是重写了，而是去掉了 ROS。ROS 更多是作为进程间通信协调的中间件，它原本是为机器人设计的，因为机器人有不同的组件，而车本身是一个协调的整体，它的感知控制应该是一体化的。用一个给机器人做的系统放在车上，会有很多冗余的过程，所以效

率会比较低。而我们自己做了一套系统，效率可以提高 20 倍，放到一辆车上，也就是在这个过程里减少了 20 倍的延迟。

我们做的改进，其实主要是把进程间的通信改成线程间的通信。ROS 更多是为了机器人和更通用的应用研究准备的，而我们做了一个针对无人车用的定制化的软件。无人车本身市场规模足够大，可以承载很多定制化的东西。产品做得好不好，最终是看细节的打磨。

新智驾：你比较看好什么样的新车企？

彭军：我觉得互联网造车，虽然不像无人车一样早期，但也在刚刚开始的阶段。市面上比较突出的几家新车企，都有各自的优点和缺点，任何几家做得非常好，对这个市场都是一件好事。我相信随着我们的发展，我们和车企之间的合作会越来越多。

新智驾：我们有没有一个比较明确的规划，未来的无人车是 Pony.ai 来运营，还是由造车企业销售给消费者？

彭军：无人车早期是数据驱动的，我觉得直接卖给消费者肯定不是最早能实现的。

那么，最早的场景肯定是类似于出租车运营这样的场景。当然是由我们来运营、还是车企来运营，还是第三方公司运营，我觉得还太

早了。但运营的形态，从技术和商业可行性上讲，一定比卖车更现实。

新智驾：到今年结束，你觉得 Pony.ai 会做到怎么样？

彭军：继续打磨技术，把原型车做得更好，在更多、更复杂的场景下能够开得更好，把驾乘的体验，舒适度做得更好。做出来和做得好，其实之间差距还很大，甚至一个简单的拐弯，怎样拐得舒服，是需要很多打磨的地方。

新智驾：今年国内大部分的团队，应该说做的比较好的团队，都开始做一些较早能落地的技术，比如封闭的园区车或者是无人配送，你怎么看呢？



彭军：任何技术的推广和成熟一定是由简到繁，由局部到整体，这个路径我觉得是正常的。而且我估计我们以后可能会走这样的路径。只不过具体是怎么定义封闭园区，选择一个垂直领域还是多个垂直领域，这个是可以商榷的。因为我的判断是技术绝大部分是相通的。

自动驾驶不光是“技术至上”：驭势科技 低速无人车一年的探索

作者：吴德新

导语：在 Google 无人车出发 8 年之后，技术已经不是自动驾驶领域最重要的问题。自动驾驶的落地之爭取决于谁能像海绵一样快速地吸收人才，从过去的经历中快速地吸收养分。



*驭势的自动驾驶样车

一、

在 2016 年 2 月之前，彭进展是 Intel 机器人系统实验室的系统架构师。2 月份，他与吴甘沙、周鑫一同离开了 Intel 中国研究院，随后与 2013 年率队拿到智能车未来挑战赛全国冠军的姜岩以及格灵深瞳的联合创始人赵勇一起成立了一家新公司——驭势科技，这家公司的方向是想用自动驾驶解决交通、物流的问题。

2016 年前面的大半年，彭进展都在搞开发、敲代码。到 2016 年 9 月底，驭势的自动驾驶样车开始在北京郊外的房山路测。彭进展也在这个时间前后去往各地，希望用驭势的技术叩开景区的大门。

彭进展从北京出发，在四川省兜了个大圈，他从成都出发向西北去了青城山，又往南穿过大半个省份去了稻城亚丁，随后的时间里他继续密集游历了其他主要的景点。

这个时候驭势的设想是用低速自动驾驶车辆服务 5A 级的景区。但在深秋熙熙攘攘的人流里，这一切都发生了变化。“景区有明显的淡旺季之分。在旅游旺季，他们最突出的需求是让游客快进快出。景区的日常经营最基本的诉求是保证游客的安全，其次是你能帮他们提高效益、降低成本。”彭进展回忆当时所面临的问题。这样看来，5A 级景区并不是低速自动驾驶技术规模化应用最早最成熟的场景。

二、

2016年9月底，驭势的自动驾驶样车上路后陆续吸引了包括雷锋网在内诸多媒体的报道，团队最早贴着蓝色玻璃的小车迎来了一波重要的访客——各级各地的政府。对于能够快速落地的自动驾驶技术，地方政府表现出强烈的兴趣。但随后，一些来自地方政府的意向、订单也有它们的特点，因为这些自动驾驶车辆主要用于展示和推广，所以单个订单的数目并不是很多，而且使用频次较低，后期可能会有较高的维护成本。另一方面，随着北京逐渐入冬，样车在设计阶段的一些实际问题也暴露出来了：比如贴着蓝色玻璃的小车没有车门，北方冬天的风特别冷，而到南方去，南方则有一半时间是雨季。





(雷锋网新智驾)

雷锋网
读懂智能&未来

到这里，彭进展把 2016 年前面多半的时间叫做技术男的探索。从 2 月成立到当年年底，驭势很快明确了将低速限定场景的自动驾驶率先落地的路线，这家公司增长到近 50 人，有了一套早期的针对封闭场地的自动驾驶软硬件系统解决方案，他们甚至为未来上路的小车完成了好几版的设计、改造和试制。

在外界看来，自动驾驶行业在这一年有很快的发展，专用的自动驾驶计算平台、激光雷达正在逐渐变得可用、成熟，大公司和车企陆续宣布了部署自动驾驶技术、量产自动驾驶车型的时间规划。而在

自动驾驶应用和部署的第一线，舆论和现实之间既有兴奋也有焦虑。

三、

2016年10月，凯德集团通过媒体的报道了解到驭势的技术。两家在商议和考察之后，选定了杭州还未开业的来福士广场，广场地下的停车场摆渡将会是自动驾驶在商业综合体应用的第一站。

驭势的首席产品官周鑫也去考察了这个场地，来福士广场的地下停车场跟他们之前的开发测试有很大的不同：之前的测试大部分是在室外，而地下停车场内GPS信号弱，光线不足，通道狭窄，行人、孩子和汽车混行，甚至停车场内的减速带都会带来新的问题——行驶不稳。回到北京后，驭势在房山的地下室搭了2个版本的模拟环境，密集铺设了低矮的障碍物（模拟在普通路段中不太常见的连续避障以及有孩子经过这样的场景），接着便是往复的仿真、调试、测试、改进。

驭势设计的自动驾驶车运抵杭州时，距来福士广场正式开业还有近一个月，地库里的施工还未结束，驭势的团队调试了一天，小车在地库里正常跑了起来。

四、

3月份，彭进展正身处白云机场，白云机场内也有一部分的区域正在施工，自动驾驶汽车长途运达后，大家心里没有底，怕嘈杂混乱中自动驾驶车上的一些传感器丢失了，于是特地请了几个保安看护小车。

一开始彭进展诧异于白云机场会主动找到他们寻求合作，因为机场总是“高端的，封闭的，非常强调安全”。从3月初开始谈，到3月底需要完成部署，时间很紧张，这个季节还碰上南方的梅雨天气。接近3月底，彭也没有十足的把握自动驾驶车能在机场的P4停车场完美地运转起来。



在白云机场之前，过去一年的10月、11月，也有机场的供应商找他们聊，谈论的合作大多是怎样提高机场的安全性。而这一次，白云机场找到驭势的部门是白云机场服务有限公司，后者提出来的需求也很明确：在3月底找一个场景进行无人驾驶试运营，展示白云机场对新技术和新服务的追求。“寻求一种新的服务方式”，在彭进展看来是打开了新的视野。当时驭势内部也并不是所有人都支持这个项目，因为落地之后也看不到规模应用的前景。他们最后还是选定了机场的P4停车场开始实验，这是驭势的自动驾驶小车第一次长途运输到广州，第一次在南方的梅雨里接受实测。

团队用了两周时间左右的时间考察、测试、部署，“也是逼到这个份上了”，彭进展说。自动驾驶小车做完防雨防湿的工作，在最后一刻找到了一家保险公司愿意承保。驭势的自动驾驶车在白云机场首度开放试运营，南方的 100 多家媒体都来采访报道。

五、

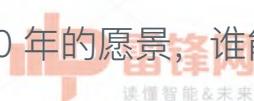
来福士广场和白云机场的项目都打开了一条新的通道，彭进展说，在这之后，大家至少会形成 2 – 3 年的深度合作关系，低速自动驾驶会继续进入到凯德集团其他的商业地产项目，以及去服务白云机场每天近万人次的客流。



*驭势的“熊猫车”

驭势科技今天的低速自动驾驶解决方案，包括我们看到的“熊猫车”，基于 Tegra X1 搭建的控制器，包含激光 SLAM 和视觉 SLAM 在内的多传感器融合的感知定位系统，可以说这些在 2016 年的秋天已经逐步成型。彭进展说，到 2016 年的下半段他基本上从一个技术男变成了 BD、商务，甚至整个团队从一家技术至上的公司要变成客户至上的公司。

在 Google 无人车出发 8 年之后，技术已经不是自动驾驶领域最重要的问题。今天驭势近 60 个人的团队，开放了超过 20 个岗位——自动驾驶的落地之爭取决于谁能像海绵一样快速地吸收人才，谁能从过去的经历中快速地吸收养分。假如说进入自动驾驶行业是相信这个领域未来 5 年甚至 10 年的愿景，谁能在第一波的自动驾驶技术公司中胜出，更需要灵活的手腕。



PlusAI 刘万千：拿到加州测试牌照，敲定两家车企合作，投身自动驾驶这一年

作者：吴德新

导语：硅谷自动驾驶的繁荣，不仅是因为加州在自动驾驶上开放的政策，更是因为硅谷丰富的技术人才和优渥的资本环境。



雷锋网新智驾按：截止到 2017 年 4 月 17 日，加州车管所已经发出 30 张自动驾驶测试牌照，全球在自动驾驶领域动作最快、最富野心的互联网巨头、车企及供应商、新创公司们几乎都选择了在加州开展自动驾驶测试。这不仅是因为加州在自动驾驶上开放的政策，更是因为硅谷丰富的技术人才和优渥的资本环境。

而在今天 DMV 表单上 30 家公司中，除去车企及供应商和互联网巨头们，新创公司不到 10 家。PlusAI 智加科技便是最近一家拿到测试牌照的新创公司。在过去一年里，他们快速切入自动驾驶的研发，摸索建立了他们认为可以逐步扩张的技术架构，并且拿下 2 家车企的合作订单。3 月份，雷锋网新智驾与 PlusAI CEO David Liu (刘万千) 聊了聊，他们如何总结过去一年的探索，如何立足硅谷用技术改变未来的汽车行业。

以下是 David Liu 的自述，雷锋网新智驾整理：

一、投身自动驾驶

2011 年到 2015 年，我的公司是做游戏方面的。那时候主要的业务在国内，我家在硅谷，大部分时间我都在北京和硅谷两地游走。游戏公司早期还是不错的，但到后来两年，行业竞争激烈，开发和推广的成本也很高。

从 15 年开始，我和朋友开始看好 AI 领域相关的项目。虽然我自己没有直接从事技术方面的工作，但从 Standford EE 博士毕业，以及工作的这么多年，我深知对科技潮流的洞察分外重要。一开始，我们是想从一些投资着手，当时觉得一些小的初创公司会非常有前景。其中，偏向 BI、商业智能领域的项目居多，比如 IoT、Marketing。智能驾驶当时还只有个别的公司在做，而且能提供端到

端解决方案的公司不多。到了 2016 年年初，我们觉得机会很好，时不我待，就开始筹划自己来做。

我的合伙人也是 Standford 的同学，曾经是雅虎在北京设立的中国研究院的创始人和首席架构师。我们团队现在大约 20 人，熟知机器学习，也做过大规模的软件系统工作。我们特点是能文能武，能读 paper，能写代码。步入一个新的领域，精读几十篇 paper 是要的，这是一个基本的技能。从今天来看，做 AI、自动驾驶，最缺的是人才，那帮互联网精英公司和顶级实验室的大牛往往成为了这一领域的领军人物。

二、自动驾驶的服务机会



我们团队成员平均有 15 年以上的工作经验，互联网大公司出来的居多，涉及 AI、DL 的东西都能做。2016 年我们的主要工作之一是调研和尝试。我们拜访和请教了很多以前做自动驾驶的大拿，包括美国和中国的很多企业和学者。

做自动驾驶有它的特点：它需要的技术非常 deep，而且除了技术，对资金、对资源各方面的要求都很高。就算今天来看，真正做的好的自动驾驶创业公司还是比较少。加州 DMV 的自动驾驶测试牌照一共发了三十张，去掉 Google/Uber/百度/Tesla 这些大厂，再去掉传统的车厂，创业公司不到十家。

我们做的是 Level 4 全自动驾驶，涉及到地图、深度学习的感知、基于深度学习的路径规划和控制等。各家做自动驾驶的厂商在用不同的路径去实现这些模块，然后应用到不同的商业场景里。

我们的产品最终要面向中国市场，因为公司主要的 Founder 都是中国人，在中国也耕耘了一些年，早期投资人一半也是中国背景，这很自然。自动驾驶分为商用和乘用两块，我们会更加侧重商用场景，希望先在货车物流这一领域实现对效率的提升。

三、自动驾驶的两个流派

现在自动驾驶主要是 2 类人在做，也代表了 2 种主流的思维方式：一类是做机器人 robotics 出来的，一类是做机器学习、计算机视觉出来的。机器人方向的代表是 Google，最早他们是从 DARPA 出来，Zoox、Otto 也属于这个流派，他们在系统工程上有很深的积累。做机器学习的代表比如 Drive.ai、Tesla，也包括我们，比较偏向深度学习领域的创新。传统做机器人的人不做 machine learning，做 machine learning 的人不做 robotics。而在自动驾驶的未来图景里，两条技术路线会有交叉点。

我们团队兼顾深度学习和系统工程。深度学习最近在一些领域有突破性的进展，但鉴于自动驾驶对安全的极高要求，所以系统工程的建构不容忽视。确立方向以后，2016 年我们搭了一个标准的

DARPR Stack，使得原型车能够在有限的几个街区里跑起来，同时也探索出解决一些问题的更好的方法。

比如说红绿灯识别。红绿灯识别在 CV 领域已经做了几十年了，传统做法是做特征提取。如果能确定红绿灯的位置，那么就可以利用判断红绿灯状态的算法确定路口的状态。然而精确 Map 出每一个红绿灯的位置是非常昂贵的，这件事情谁能做呢？——Google 能做，因为它有非常完整的数据集，它可以通过特征数据采集 Map 出红绿灯的高度。但如果红绿灯的位置出现了偏离呢，问题就非常复杂了。用 Deep Learning 的方法则是基于一个完全不同的思考方式，从视觉认知的角度去判断路口的状态，同时包括找到红绿灯的位置和判断每个灯的状态，**它不是对单个条件的判断。**

现在自动驾驶的技术研发还是处于相对早期，技术路线也没有完全定型。虽然主流的几个团队在高层次的架构上不会有很大的差别，但具体到解决每个层面的技术方案则会有很大差异。大家考虑的应用场景不一样，要解决的问题也就会很不一样，比如商用场景还是乘用场景，长途还是短途，高速路况还是城市路况，等等。那么，解决这些不同问题所使用的方案自然也会截然不同。

四、商业化进展和中美差异

今年 3 月份，我们跟 Uber 同一批拿到了加州的自动驾驶测试牌照。拿到牌照也算是自动驾驶技术公司的一个硬性指标。另外就是

看基础架构设计和各个层级的技术解决方案是不是有可扩展性。我们也跟高校科研机构（例如斯坦福）有一些研究项目合作，主要是比较前期的课题，比如如何提高深度学习的精度、性能和数据使用效率。

深度学习作为自动驾驶技术中使得汽车能够进行自我提升的关键技术，其一流人才相对还是集中在硅谷。同时，这里有比较明确的规则，比较透明公正的环境。国内的汽车 OEM 与硅谷在无人驾驶技术研发的步伐上相比，可能还是处于早 2-3 年的状态。今年，我们已经跟两家 OEM 敲定了战略合作。无人驾驶技术最终还是要看可靠性与安全性。



拿下加州路测牌照，发起两项算法挑战，图森为重卡自动驾驶都做了哪些准备？

作者：吴德新

导语：除了宣告获得加州路测牌照，这家成立一年零九个月的公司还公布了他们围绕卡车自动驾驶的研发进展和商业规划。



继本周图森与 Pony.ai 双双拿到加州自动驾驶测试牌照后，今天图森又在北京召开了媒体沟通会。除了宣告获得加州路测牌照，这家成立一年零九个月的公司还公布了他们围绕卡车自动驾驶的研发进展和商业规划。

过去一年，图森团队飞速增长到了 176 人（2016 年 8 月的数据是约 70 人）。目前他们已经与国内的重汽厂商陕汽、一汽合作开发

自动驾驶卡车，同时官方早前也公布了与河北曹妃甸工业园区管委会、上海国际汽车城合作，共建自动化物流基地。

图森 CEO 陈默明确地告诉媒体：他们希望成为公路港与公路港之间的驾驶行为运营商，今年的研发重点是实现限定条件下 L4 级别的自动驾驶，到 2019 年希望实现 L4 级别全天气条件下卡车自动驾驶的商业化。官方公布的研发进程规划是这样的：

- 今年 Q2，在中国，公布 L2 级别非极端天气、非夜间路况的货车自动驾驶 demo；
- 今年 Q4，在中美两地，实现 L4 级别非极端天气、非夜间路况的货车自动驾驶功能性 demo；
- 明年 Q4，在中美两地，公布 L4 级别产品级的货车自动驾驶 demo；

直到 2019 年，货车自动驾驶将正式投入商业化运营。

货车自动驾驶与商业化

加州 DMV 颁发的 33 张自动驾驶测试牌照代表了绝大部分美国本土和跨中美两地的自动驾驶技术团队，而在中国本土的自动驾驶团队又以智行者、驭势为代表。

很有意思的是，传统汽车产业的大腕——车企和 Tier 1 都瞄准了 2020 年开始的 L3 级别自动驾驶乘用车量产，Waymo、Uber、Nutonomy 等较早投入研发的互联网公司则瞄准了自动驾驶出行服务，国内的自动驾驶技术公司今年大部分火力集中在低速、特定场景的自动驾驶。高速路段的货车自动驾驶暂时没有那么拥挤，但除了图森外，Waymo、百度、ZOOX 和 Plus.ai 等团队也在陆续参与进来。

根据美国卡车运输协会的数据统计，全美有 8 级重卡 356 万辆，卡车司机约 340 万名，这些司机的平均年薪是 6 – 8 万美金，平均年龄 49 岁，大部分新入行的卡车司机是从原来的岗位退休的司机。而在中国，目前保有 2000 多万辆货运汽车，3000 多万名货运司机；长途公路货运中，人员工资成本占了 41%。人员短缺是长途物流领域的一个瓶颈，甚至反过来影响到重卡的制造。更不要说货车事故和疲劳驾驶在所有交通事故中的高致死率。



雷锋网(公众号：雷锋网)注：图森的自动驾驶卡车样车

图森为自己设计的商业模式与 Waymo 或者 Nutonomy 类似：

通过整合底层的计算、传感等硬件，以自己核心的算法能力，把这些技术与车企共享，由车企来制造具备自动驾驶能力的汽车，这样自营车队的企业或者第三方的物流承运商都可以使用由图森提供的驾驶行为运营服务（自动驾驶能力）。

图森与上游硬件公司以及车企、Tier 1 主要是联合开发的关系，他们向需要驾驶服务的企业提供服务，并且通过“降低对方的驾驶员成本”来收取一定比例的服务费。

目前在上游的合作开发一块，图森主要向陕汽、一汽采购重卡，后两者则协助加装传感器以及开放部分车辆控制的接口，NVIDIA 的计算平台、AWS 的云服务以及速腾聚创在激光雷达上都与他们有深度合作。

图森的技术实现路径

图森团队脱胎于图像识别在互联网广告的应用，侯晓迪、王乃岩几位核心成员都是机器视觉领域中的大牛，图森的感知方案也会以视觉为主，毫米波雷达为辅。陈默算了一笔账，摄像头+雷达+GPS+计算单元等一揽子硬件成本在 1 万美金以内。

除此之外，图森的解决方案中还包含了高精地图的绘制，主要是指全国干线高速公路网的高精地图。相比一个城市的高精地图，干线路网的高精地图制作和更新难度大大降低了。他们会先通过 LiDAR

建立初始地图数据，采用 2D 图像数据在测试和运营中保持地图的更新。

从一个公路港到另一个公路港之间的驾驶，图森希望尽快在功能上实现主动避障、超车换道、车辆交汇、编队行驶、汇入和避开车流、全部及局部路径规划。陈默说，在保证准点到达的情况下，他们甚至可以选择保守的驾驶策略，将车速控制在限速以下一定范围，同时遇到从未遭遇过的工况时，可以选择把车停下，由司机人工接管。

关于自动驾驶的测试，由于法规的原因，美国亚利桑那州和内华达州会是重卡测试的主要阵地，加州不允许卡车自动驾驶上路，但图森的美国团队位于加州，他们主要会在加州利用乘用车快速地验证新的研发成果，而在国内曹妃甸则为他们开放了一部分公路测试路段。

专门针对自动驾驶的“正确”的数据集

这是最近几天侯晓迪和王乃岩通过几场对外宣讲试图解释的问题。去年在 KITTI 数据集中，图森一口气拿下了包括车辆检测、行人检测、自动车检测、车辆追踪等在内的多项记录。公司 COO 郝佳男告诉雷锋网新智驾，传统 CV 领域的数据集有它的价值，但现在看来包括 KITTI 在内，它们与自动驾驶需要解决的实际工况方向并不是一致的，甚至是一种错误的引导。

从去年开始，图森通过与申通在内的几个合作伙伴采集驾驶视频数据，并将这些真实路况数据清洗形成了一个包含 3000 多个时长 1 秒的视频集合，官方将这个数据集命名为 TuSimple Benchmark。

在这个数据集中，图森发起了 2 项挑战：一个是车道线检测，真实路况下车道经常存在污损和遮挡的情况，而它又是实现车辆巡航和定位的一个关键点；第二个是，判断其他车辆的速度和距离。这两项挑战截止到 7 月 15 日，他们打算在今年 CVPR 上给前三名颁奖。

眼下，图森的兵马应该是国内自动驾驶领域除百度 IDG 外规模最大的团队，在未来也做好了屯粮的打算（2017 年 Q4 拟融资 3000 万美金以上）。开往未来的货车什么时候出发？我们拭目以待。

“AI 好青年”肖健雄：榨干摄像头性能， 渐进式实现自动驾驶

作者：新智驾

导语：“学而优则商”。



*“Professor X”、AutoX 创始人肖健雄

2016 年春天，被同学和同事亲切地称为“Professor X”的肖健雄结束了其为人艳羡的普林斯顿大学教授生涯，也离开了其一手创办的“计算机视觉与机器人实验室”（Computer Vision and Robotics Labs）。

同年秋天，肖健雄举家横穿美国，从新泽西搬到硅谷。在这里，肖健雄开启了创业之路——他创办了一家名为 AutoX 的科技公司，为自动驾驶汽车提供软件（包括感知、决策和控制）解决方案。

目前 AutoX 已获美国加州交管局认可，被允许在该州进行自动驾驶路测。同台竞技的还有特斯拉、Waymo、Uber 以及汽车汽车厂商、Tier 1 以及其他科技公司。

身处群狼环伺的境况，肖健雄并不担心。在接受采访时，他表示，AutoX 团队在计算机视觉方面的专业知识是那些大公司无法比拟的。正是凭借着这些专业研究，这家公司在成立六个月后，迅速开发出了自动驾驶原型车，在花费较少成本的情况下，效果据称并不亚于那些资本实力雄厚的竞争对手们。

X 教授创立 AutoX

肖健雄是 MIT 人工智能实验室的博士。创立 AutoX 前，他是学术圈里的明星人物，周围的朋友和同事喜欢称他为 Professor X（「X 教授」）。

在学生时代，肖健雄曾先后获得包括 ECCV（欧洲计算机视觉会议）、Google Research 在内的最佳论文奖等。2013 年从 MIT 毕业后，他在普林斯顿大学计算机系担任助理教授，后创办了普林

斯顿大学计算机视觉和机器人实验室（Computer Vision and Robotics Lab）。

在他的个人网站上，肖健雄是这样介绍自己的：在计算机视觉，自动驾驶和机器人技术方面有十多年的研究和工程经验，也是 3D 深度学习、RGB-D 识别和地图、大数据、机器人深度学习等领域的先锋。

有了这样的背景，又是华人创业者，这让他很快成为驻扎在硅谷的中国资本追捧的对象。比如种子轮融资，投资者为硅谷最大的华人背景创投基金之一丹华资本（DHVC）。最新的消息是，国内自主品牌上汽也参与了 AutoX 的新一轮融资。



值得一提的是，2018 年 1 月 16 日，在雷锋网在硅谷举办的 GAIR 硅谷智能驾驶峰会上，肖健雄教授将出席本次大会并参与圆桌讨论，到时我们可以听听这位技术大牛又会带来哪些新的思考。关于 GAIR 硅谷智能驾驶峰会更多详情，请访问我们的官网 <https://gair.leiphone.com/gair/gairsv2018>。

「自动驾驶并不是奢侈的」

「为什么是（选择）自动驾驶？」今年 5 月，在 TiEcon 2017 上，肖健雄在演讲上回答了这一问题。

他说，自动驾驶是一个「让人兴奋的领域」。回顾过去几十年在科技领域发生的变革，从个人电脑、互联网再到智能手机，几乎改变了每个人的生活。而未来三十年能改变每个人生活的将会是自动驾驶汽车。

更让他「超级兴奋」的是，自动驾驶是他所擅长领域（计算机视觉和机器人）的大规模应用。

在自动驾驶的生态系统中，参与者有汽车厂商、Tier1、芯片公司、出行服务公司等等，肖健雄指出，要将自动驾驶生态打通，需要一个非常好的 AI 软件平台——这是 AutoX 可以施展拳脚的地方。

在自动驾驶的世界里，**特斯拉**是为数不多使用基于摄像头的方法来实现全自动驾驶的公司。在特斯拉第二代 AutoPilot 硬件上，特斯拉希望通过 8 个摄像、前向雷达、超声波雷达和 GPS 数据来实现全自动驾驶。没有激光雷达，这是特斯拉与主流自动驾驶公司最大的区别。



但 AutoX 选择了一条比特斯拉更激进的方式。今年 3 月，AutoX 拿到加州 DMV 颁发的自动驾驶路试牌照，随后这家公司对外公布了一段在不同天气下的自动驾驶路测视频。

雷锋网



值得注意的是，这辆改造自林肯 MKZ 的原型车并没有搭载诸如激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、差分 GPS 等传感器，取而代

之的是总成本不到 500 美金的 7 个摄像头——这相当于一台智能手机的价格。

肖健雄想要解决的问题，正击中自动驾驶领域痛点——造价高昂的传感器无法快速将科研成果商业化。其中一个例子是，在谷歌分拆出来的自动驾驶公司 Waymo 长达 10 年的研究中，最大的一个进展是将传感器价格降低由原来的 75000 美元降低到 7500 美元。

在 TiEcon 2017 上，肖健雄说：「AutoX 的使命是使自动驾驶技术平民化，自动驾驶并不是奢侈的，而是人人都能享受到的技术。」

「Make AI stronger, make software better」



摄像头的好处是，即使是非常低端的摄像头，依然有较高的分辨率。摄像头对物体的识别包括交通灯的识别非常清晰。当然，这一方案的最大优势是硬件成本非常低并且易于集成。

但问题是，目前仅仅依靠纯视觉方案可靠吗？肖健雄答：「Make AI stronger, make software better.」（让 AI 更强，让软件更好。）

听完他在 TiEcon 的演讲后，台下一位观众评价：AutoX Jianxiong Xiao has more faith in camera-based rather than sensor-based

autonomous driving. (肖健雄对基于摄像头而不是基于传感器的自动驾驶更有信心。)

作为新创公司，AutoX 目前的收集的数据还不够多，不足以让其系统做出更好的决策。未来，AutoX 希望打造一个自动驾驶车队来收集更多数据并不断完善这一解决方案。

今年 7 月，在 CVPR (国际计算机视觉与模式识别会议)的现场，雷锋网与肖健雄博士聊了聊 AutoX 的动向以及他关于自动驾驶的思考。以下是对话实录（有删减）：

雷锋网：AutoX 的方案是舍弃激光雷达、差分 GPS，使用汽车前端的 7 个摄像头，这样成本也很低。但从安全性的角度说，你们是如何考虑的？如果只用摄像头可以做到什么样水准的自动驾驶？遇到恶劣天气、逆光等极端情况，如何应对？

肖健雄：我们从来没有说要放弃安全性，但很多人就把安全性当成一个不努力做视觉的借口。

安全性并不是说物理世界信息不足，而在于软件要足够好。我觉得在理论上绝对可以靠 Camera 做到非常安全。只要有所投入，在这个领域花更多精力，跑出来的效果并不会差。

恶劣天气和逆光主要靠提高算法的鲁棒性，提高数据级，当然相机也不能太差。基于这个前提，其他就是拼软件了。

雷锋网：你是否觉得视觉可以解决自动驾驶一切问题？

肖健雄：我觉得长远来说，肯定可以解决自动驾驶一切问题，问题是这个时间我们是否有耐心等待，比如说花 10 年、20 年实现完全无人驾驶。

我们从来不排斥其他传感器，也不排斥其他技术，只是说专攻在相机上。我们的论点是：大家太小看相机了，导致没有努力把它的功能提高。它还有很多油水可「榨」，只是大家没有努力「榨」而已。

雷锋网：你之前演讲说要打造「自动驾驶大脑」，这个「大脑」是怎样的？



肖健雄：自动驾驶大脑有点像操作系统，往大说，比如 Windows；往小说，比如 Linux Kernel 的核心代码。

我们现在做的是最核心的 kernel，包括感知和决策两个模块。我们把 kernel 搭建好，然后在这个基础上加上其他传感器、其他服务层。

雷锋网：现在很多公司目标是做 Level 4 级别的自动驾驶技术，目标是非常远大的，但离落地产业化很远，你如何看待这一级自动驾驶的商业化问题？

肖健雄：我觉得大公司像谷歌可以这样玩，因为它有足够的钱，但绝大部分的创业公司不行。初创公司每一到两年需要融资，然后没赚到一分钱，我觉得这是不健康的方式。

我一开始为什么选择 Camera，因为激光雷达在将来 10 年后才可能很便宜，但两到三年后可以便宜吗？绝对便宜不了，没那么快的。

雷锋网(公众号：雷锋网)：你觉得在无人驾驶这个领域，创业者或后来者还能从中找到哪些机会？

肖健雄：我觉得要做得有特色，比如集中在 niche market（小众市场）。没有特色、大而全，就做 Level 5，十几年后才赚到钱，我觉得基本没有机会，也没有办法生存。

这与普通初创公司并不一样，比如滴滴或 Uber，做一个 App、搭建一个服务器就可以开始了，然后大家集中火力干 6 个月，短期内就能占领市场，取得很好的成绩。

但自动驾驶不是这样的，即使我们集中火力干 6 个月，还是不能实现全自动驾驶。这不是钱可以解决的问题，而是需要更多技术积累。

所以我更看好渐进式的路径，先辅助驾驶，然后再升级，我觉得这是有道理的。绝大部分汽车厂也是这样，他们不会马上就实现自动驾驶，消费者就能买上这样一辆汽车。

雷锋网：在自动驾驶领域，从 2009 年到 2017 年，你印象最深刻是什么？

肖健雄：我觉得印象最深刻的就是大家观念上的变化，以前自动驾驶觉得不可能实现，觉得不 work，只是纯科学的研究。大家对这一领域过于悲观。

现在很多人觉得自动驾驶可能实现了，又过于乐观。很多人包括像 Elon Musk、黄仁勋都觉得无人驾驶问题已经解决，我觉得他们想得太简单。

无论是过于悲观还是过于乐观，这两种方式都不正确。最好是理性看待：你要看到它确实很有前途，但又是一种渐进式的进化。

雷锋网：AutoX 期待与什么样的公司合作？

肖健雄：我们对整个交通和移动出行都非常感兴趣，合作伙伴主要有四种：

第一是汽车厂商。这是我们最想合作的伙伴，主流的主机厂可以让我们的产品进入主流车型。一开始可能不是完全无人驾驶，而是辅

助驾驶，可以是 L2、L2.5、L3，不同 Level (级别) 的辅助驾驶。这是我们与其他自动驾驶公司的区别，我们更喜欢渐进式的模式——软件逐步升级、数据逐渐积累。

第二是与主机厂相关的 Tier1，通过与他们合作，我们联合开发将软件、硬件，然后销售给主机厂，将它装进主流车型。

第三是 Uber、滴滴这样的出行公司。但这种模式的问题在于：要真正达到无人驾驶才能开始商业化。这个门槛会更高、周期会更长，可能要很多年后才会普及。

第四是物流公司，包括快递、卡车等等，无人驾驶如果是载人，可能要求更高，载货要求则会低一些。

雷锋网：谈一谈你参加 CVPR 的感触。

肖健雄：现在这个领域真的引起了大家的关注。以前始我从事 CV 研究的时候，这算是一个冷门行业，根本没什么人关注，当时会议规模也很小。现在都四五千人，太夸张了。

CVPR 受到这么大关注对我们这个领域的好处是，可以吸引到社会最杰出的人才进来，这对整个领域快速发展非常重要。



*在 CVPR 的 Workshop 上，从左至右：Fisher Yu、彭军、肖健雄、倪凯、吴甘沙、

侯晓迪 图片来自驭势 CMO 雨嘉

雷锋网：今年 CVPR 很多自动驾驶相关的中国公司，比如滴滴、图森、地平线、Momenta、AutoX 都在积极参与，这些公司或多或少都做着与深度学习相关的事情。你觉得深度学习给自动驾驶带来什么改变？

肖健雄：深度学习对自动驾驶、对 AI 领域的影响是巨大无比，不能小觑。

现在自动驾驶公司使用深度学习，已经成为常识。比如，我以前在普林斯顿教书，有两个星期就是教深度学习，学生们学完后都懂了，然后他们各自去做自己的项目。

我觉得深度学习已经有一点像「你会不会使用电脑、使用 office。」所以在不久的将来我们不应该号称「我是基于深度学习的公司」，这就好象说「我们是一家基于使用电脑的 IT 公司」一样。

深度学习进展还是很快的，同时我觉得有一些进展不一定真正可以实用。

比如 GAN（生成式对抗网络，Generative Adversarial Networks），我觉得这在非人命相关的领域是十分有用的，但在自动驾驶上我会持保留态度。因为外界没区分清楚这到底是纯学术研究还是可以真正使用的技术。



现在很多技术还不完美，可能只是一个非常初级的想法，还需要更多时间才会演变得更好。比如 CV（计算机视觉），也是 20、30 年前有了初步的 idea，进化到现在才达到适用的水平。

全球 2000 家客户，这家公司推动林肯 MKZ 成为最流行的自动驾驶样车

作者：吴德新

导语：自动驾驶样车的需求至少帮林肯多卖出了数百辆的 MKZ。



2016 – 2017 年最流行的自动驾驶样车，不是 Waymo 的 Bubble 车，更不是通用已经上路的改款 Bolt。相信在看这篇文章的人，大部分都看到过一辆顶着激光雷达的林肯 MKZ。

无论是英伟达的 BB8、百度的 Apollo 样车、瑞萨、Udacity、Voyage、Pony.ai、JingChi.ai、Plus.ai、Roadstar.ai 等等，一长串的公司统统都预定了林肯 MKZ 作为自动驾驶样车。

即便在美国，售价 3.5 万美金起的 MKZ 也不便宜，何况同等价位已经能买到宝马 3 系、奔驰 C-Class 这样更受欢迎的豪华车。MKZ 推出后，在本土销量并不出色，这一车型进入中国更是 2017 年的 4 月份了。但随着大批公司进军自动驾驶开发，自动驾驶样车的需求至少帮林肯多卖出了数百辆的 MKZ。

林肯 MKZ 在自动驾驶圈内流行跟 3 家公司有紧密的关系

第一家是林肯的母公司福特。为了提高燃油效率，北美车企很早就在各个量产车型中采用了线控油门。但只有线控油门还不够，MKZ 还同时配备了线控刹车和线控转向系统。这让林肯的这款车型在硬件上具备了让电脑指挥着跑起来的能力。

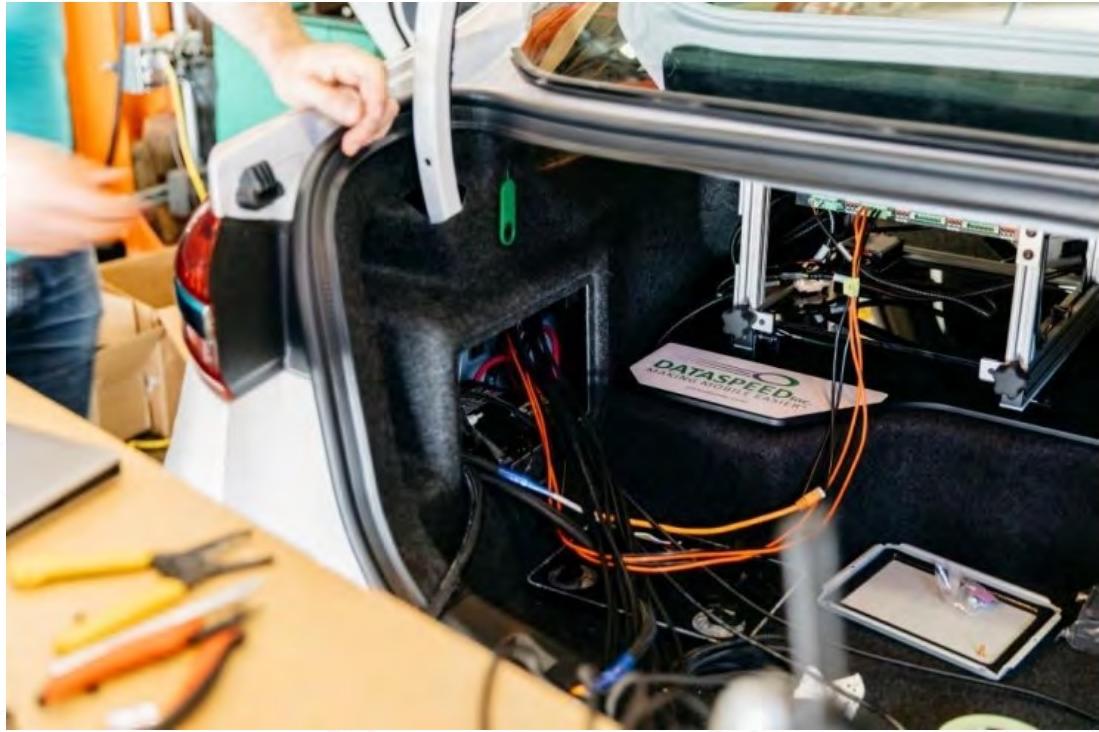
值得一提的是，因为来自同一家母公司，福特 Fusion、福特 Mondeo 与林肯 MKZ 共享一个底盘平台，所以 Fusion 和 Mondeo 的底盘线控做得也很不错。Intel 在美国建的测试车队中就大量使用了福特 Fusion，Voyage 最近新上路的运营车辆也是福特 Fusion。

第二家跟 MKZ 流行有关的公司叫 Dataspeed。Dataspeed 创办于 2008 年，对外它有两块业务：一块是提供机器人开发用的移动底

盘，一块是提供基于林肯 MKZ、福特 Fusion、福特 Mondeo 的自动驾驶开发平台。

正常情况下，在底盘本身具备线控条件的基础上，一家公司需要逆向破解车辆的 CAN 总线协议，才能通过 CAN 总线控制车辆的运动。而 Dataspeed 就把这部分工作做了，并且把车辆控制的输入和输出信号封装成接口，便于其他公司在这个基础上开发。

到 2016 年上半年，Dataspeed 把这套技术产品化，推出了一个针对林肯 MKZ 混动版的 ADAS kit。可以说，这个 ADAS kit 从根本上促成了自动驾驶样车中林肯 MKZ 的流行，只要有林肯 MKZ、ADAS kit 和一定的工程能力，就能批量改造出供自动驾驶开发用的工程样车。自动驾驶技术公司则可以在这个样车的基础上，增加传感器、计算硬件等配置，形成自己的感知、定位、决策、控制算法。



自动驾驶创业公司 Voyage 使用福特 Fusion 作为样车和试运营车

辆，图为后备箱中的 Dataspeed kit

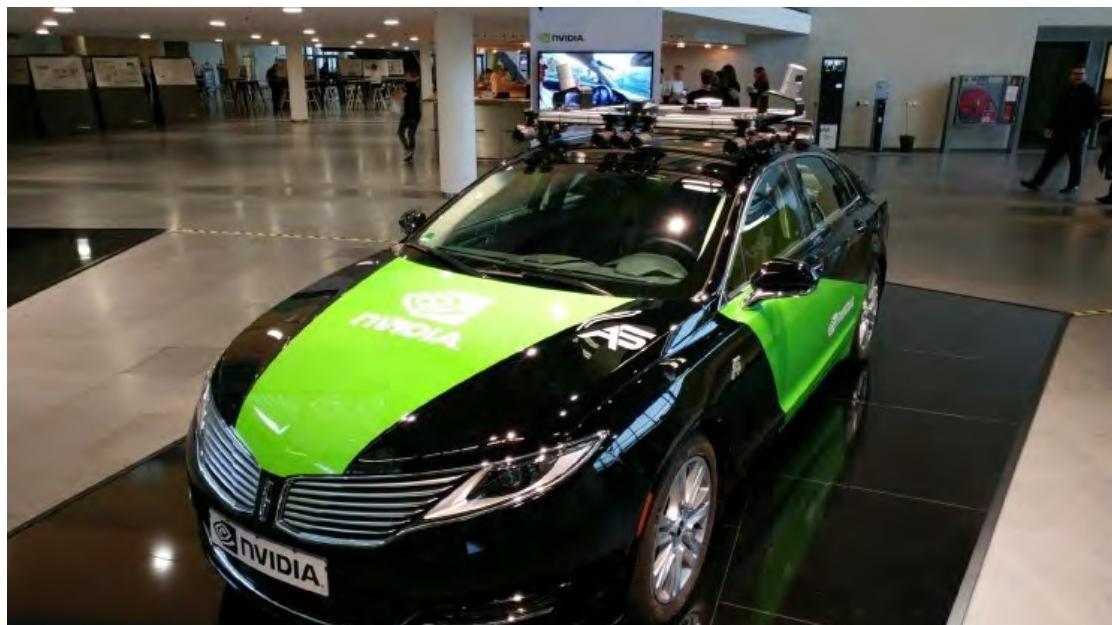


到了 2017 年，Dataspeed 又针对福特 Fusion 和 Mondeo 推出了 ADAS kit，所以往后看，基于 Fusion 和 Mondeo 改造的自动驾驶汽车应该比 MKZ 更常见，毕竟两者都比 MKZ 要便宜不少。

根据 Dataspeed 的数据，在 ADAS kit 推出当年的 11 月份，仅仅在美国就有 50 辆林肯 MKZ 被改装用于自动驾驶研发。Dataspeed 并不是一家规模特别大的公司，所以为了满足更大的市场需求，这个时候就有第三家公司进来了，这家公司名字叫 AutonomouStuff。

创办 7 年，在全球服务 2000 家客户，AutonomouStuff 是一家怎样的公司？

AutonomouStuff 2010 年成立，最早从事的是元器件分销的业务，之后逐步介入到技术服务、车辆集成改造以及提供围绕样车开发平台的一系列传感器、计算硬件、数据存储方案。近几年，它的汽车行业客户数量飞涨，目前服务的客户数量在 2000 家以上，既有 NVIDIA、Intel 这样的大公司，也有硅谷 2 个人的车库创业团队。



*NVIDIA 在 GTC Europe 2017 上展示的自动驾驶样车

AutonomouStuff 加入之后，它与 Dataspeed 之间的合作变成了：Dataspeed 提供 ADAS kit，AutonomouStuff 完成车辆的线控改造和整个系统的集成。改造成林肯 MKZ 成为两家的拳头技术/产品。

前面讲到，AutonomouStuff 也有大量其他的产品和方案分销业务及技术服务，同时 Dataspeed 保留了一部分服务大客户完成完整自动驾驶车辆改造的业务——比如 Intel 的自动驾驶车队，就是 Dataspeed 的团队自己来服务的。

因为 MKZ 是一种在全美销售的车型，今年 4 月份以后也进入了中国，福特 Fusion 和 Mondeo 的销售则更为广泛。所以三家公司合力，把自动驾驶样车卖到了北美、欧洲和亚洲。

通常一辆林肯 MKZ 的改造是这样的：需要样车的公司从当地经销商处购买一辆 MKZ 交给 AutonomouStuff，随后 MKZ 就按照线控、传感器方案、计算方案等各方面的要求集成好了。这个过程大概要花费几周时间，十万美金到三十万美金不等的费用（不包含车辆本身的购置费用）。

为什么没有出现其他流行的自动驾驶样车？

在自动驾驶行业里，还有雷克萨斯 RX h450 这样的车型，苹果、ZOOX 和 Google 无人车早期都使用了这一车型，除此之外，还有 Google 无人车早期和 Almotive 现在都用到了丰田 Prius，本田旗下的 Acura ILX 也有看到一些团队采用。但这些车型都远远不及 MKZ。



*ZOOX 的自动驾驶样车雷克萨斯 RX h450

一方面是 Dataspeed 将车辆线控改造的工作产品化了，另一方面也得益于 AutonomouStuff 的分销能力。Dataspeed 的 CEO Paul Fleck 曾经在福特工作过 9 年，所做的工作恰好是商用车和赛车的数字控制系统（digital control system）。一度有外界传闻 Dataspeed 跟福特之间有某种开发协议，或者 Dataspeed 跟福特公司高管有某些亲属关系，这样得以获取 MKZ 的一些特定接口的权限。后来 Paul Fleck 出来澄清说，我们预见到了市场对于线控 MKZ 的需求，然后开发了这套 ADAS Kit。AutonomouStuff 则是从 2010 年逐步进入汽车行业，布局了在全美的销售网络，并且建立起车辆改造和自动驾驶开发的服务能力。

尽管行业内有观点认为，提供自动驾驶样车或者说提供一个自动驾驶开发的基础平台，并不是技术含量非常高的业务。但从另一个角

度上来看，Dataspeed – AutonomouStuff – 林肯 MKZ 的这种业务模式是难以复制的。

一位长期往返硅谷和中国的自动驾驶从业者透露，在美国请人改造一辆自动驾驶样车大概需要 10 – 30 万美金，在国内大约是 50 – 70 万人民币。而一位在国内深度参与自动驾驶车辆改造的从业者则讲道：在国内改车，收费高了伤感情，收费少了浪费时间。

归根结底是国内非常多的车辆并没有完整的线控执行器，而对应的协议也并不掌握在自主车企手中，而是由国际 Tier 1 把控。改造一辆国产车，通常需要手动替换一些执行机构，所以在国内想要实现车辆线控的产品化和规模化不容易。



Paul Fleck 自 1998 年开始入行，AutonomouStuff 则从 2010 年布局，也难怪林肯 MKZ 在自动驾驶行业中走俏，两家公司都挖到了自动驾驶行业里的第一桶金。

文末是雷锋网·新智驾在 9 月底对 AutonomouStuff CEO Bobby Hambrick 的采访，在这次采访里，Bobby 谈到了他最早怎样进入自动化的行业，公司的创办，以及自动驾驶行业的变化。

雷锋网·新智驾对采访内容作了不更改原意的调整，以下雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾简称新智驾，AutonomouStuff 简称 AStuff。



*AutonomouStuff CEO Bobby Hambrick

新智驾：看到 AStuff 最早是在 2009 年左右创办，当时是什么背景？

Bobby：我正式创办这家公司是 2010 年 3 月，但在这之前，我已经在这个行业干了很多年了。

最早我主要在工厂内部做一些自动化的解决方案，比如生产品控监测，或者是生产设备的安全，或者像工厂内自动化的清洁，然后我慢慢对自动导引运输车（AGV）有了更多接触，这开启了我对未来的自动驾驶汽车的理解。

当时 AGV 主要被用在军事、矿业还有农业上，还有一些工业上的机器人，基本上都是在固定路线上用于物资的运输。所以我可能从 2005 年差不多算是在自动驾驶相关的行业工作了。

2010 年开始，公司成立后，我们做的是元器件的分销，逐渐地我们开始提供一些增值的技术服务，像是一些产品技术支持这样的工作。我们的客户有美国军方的关联部门，有若干矿业公司，直到今天 AStuff 还是 2 家矿业公司的一级供应商。不过起初汽车行业的客户不多，2010 年可能就只有 1 – 2 家。

随后一两年业务增长飞快，大概到 2012 年，我们已经有将近 500 家客户。非常多的产业都开始理解自动化带来的价值。从今天的业务规模上来讲，AStuff 可能是全球提供自动驾驶技术方案最多的公司。

新智驾：你觉得 2010 年 – 2012 年之间发生了什么变化？

Bobby：2012 年是公司第一个快速增长的阶段，或多或少是因为产业认识到自动驾驶和自动化技术的价值和潜力，很多学校机构开始发表更多这方面的论文，传感器在当时也更成熟更容易获取到。

新智驾：在行业内当时有没有类似你们的公司存在呢？

Bobby：我们有几块业务，一块是元器件的分销，另外一块是提供技术服务，加速客户的开发。在技术服务方面，我们提供几个不同

层次的技术服务：针对车辆进行工程改造，针对软件开发，针对应用开发，针对整个系统架构设计开发。可能行业里有类似做技术服务的公司，但更多的是面向军工或者是工业应用。

而且我们认为产品分销，不仅仅是简单买和卖的关系。比如一些客户其实一开始对自动驾驶技术不感兴趣，可能他们更聚焦在能量产业化的技术上，因为我们一直在这个行业，所以知道整个行业大家的研发状态，我们也帮助供应商去理解行业最新的需求是怎么样的，同时帮助客户去获取新的能帮助他们的技术。

我觉得这些都是我们不一样的地方。

新智驾：现在 AStuff 有多少员工？



Bobby：我能透露的是，现在的员工数目增长很快。我们在全球刚刚有了 4 个办公室。

我们现在在的圣何塞办公室是 8 月份刚刚开业，这里主要做销售、培训还有一些 workshop；我们的总部在伊利诺伊，运营团队、高管团队以及工厂都在那边；我们在欧洲刚刚成立了分公司；我们在北京也有一个办公室，跟中国早期的一些重要客户正进行紧密的合作。

新智驾：2012 年 AStuff 大概有 500 个客户，那现在服务的客户数量是怎样的？

Bobby: 我们差不多有 2000 多家客户，从三星、Intel、NVIDIA 这样的大公司到两个人的车库创业团队，主要的客户还是来自汽车行业，在矿业、农业、军工、航天、科研上都有我们的客户。

我们跟不少公司有双向的合作，比如我们给 NVIDIA 集成一些他们的开发平台（像今年 CES 展示的 BB8 样车），我们也分销他们的产品比如 Drive PX。实际上，我们已经给中国客户提供了不少 Drive PX。

新智驾：2013 年，你又参与创办了一家新的公司 PolySync，这家公司主要在做什么？

Bobby: 那个时间点上，我们经营的产品越来越多，客户希望把摄像头、激光雷达、雷达等等传感器的数据集成在一起，所以我们就需要一个中间件平台来完成这件事，所以我当时参与创办 PolySync。不过现在我已经不再参与 PolySync 的工作了。

我们用开源的 ROS 来做这部分数据整合的工作，这对我们的客户也有好处，他们可以在 ROS 基础上很快地做出修改满足他们的需要。

新智驾：从当时非常少量的汽车客户，到今天增长到将近 2000 个客户，有什么样的客户是让你比较印象深刻的？

Bobby: 我们的客户有在中国、欧洲，也有在硅谷、底特律，也有非常偏远的地区。他们的领域差异很大，有人在非洲用无人机投递

药物，有人在开发太空探索用的火箭。自动驾驶方面，硅谷、匹兹堡、底特律、新加坡都是重要的聚集地。

新智驾：大部分人都通过改装的林肯 MKZ 知道 AStuff 这家公司，除了 MKZ，你们还有哪些重要的产品线？

Bobby：在开发车辆上，我们确实是从 MKZ 起步的，在 MKZ 的基础上开发很稳定，平台搭建的速度也很快。但也有客户希望有其他开发平台的选择，所以我们有将近 15 种车型的选择。

除了 MKZ 等线控车辆本身，我们也提供感知系统（激光雷达、雷达、摄像头等等），计算硬件（比如 Intel、NVIDIA Drive PX），我们也有提供将数据整合在一起的 ROS，还有 GPS 系统，以及将数据进行存储和分析的解决方案。

新智驾：你们觉得中国、美国和欧洲市场，有什么不同？

Bobby：老实说，这几个市场有不同，但对于自动驾驶开发的需求都是一样的。大家都认识到自动驾驶对产业的价值。不同地区对于自动技术的具体出发点和需求是不同的，但技术架构本身都是相似的，需要的服务和解决方案也是相似的。

新智驾：你们提供的样车为什么从一开始选择了在 MKZ 的平台上搭建？

Bobby：因为我们有一个很好的合作伙伴（Dataspeed）向我们提供模块化的元件，这样 MKZ 就能很容易地实现线控驾驶。我们将这个元件和其他的元器件集成到车辆上，这样搭建一个完整的开发平台。

MKZ 也是一款在全球销售的车型，它和福特 Fusion、福特 Mondeo 共享了一个底盘平台，所以这几款车型基本上在全球都很容易买到和改装，这样我们在各个地区都可以提供我们的产品。

新智驾：你们的开发对于车辆本身有什么要求？比如客户想要在一种新的车型上搭建自动驾驶？

Bobby：每个车型都有不同，一部分车型需要跟 OEM 合作，OEM 开放一些接口，但通常 OEM 不会接纳很多这样的合作，那你可能就要向这个车型内增加改装一些执行机构。我们也在不少车型上改装执行机构，比如油门、刹车、转向系统。

新智驾：能介绍一下你们在北京办公室的情况吗？

Bobby：在北京，我们中国的业务刚刚起步。7 月份，我们已经公布了跟百度 Apollo 的合作。我们在中国也有其他的客户，但目前还不能透露太多。

新智驾：之前有公开的报道提到，通常你们改装一辆 MKZ 需要一周时间？

Bobby：这通常取决于一个车辆对于需要集成的系统的要求，针对百度 Apollo 1.0 是非常简单的，因为它只有 GPS。如果有激光雷达、毫米波雷达和其他传感器的话，可能要花费更多的时间。有时候，根据样车的要求，有的车可能要花费数周去改造。

新智驾：你们也做传感器的分销，今年你们觉得传感器方向上有什
么有意思的变化？

Bobby：当然。每周我们都能看到传感器领域不断有新的消息，新
的进展，尤其是激光雷达和毫米波雷达领域。产业对于高分辨率、
低成本传感器的需求迫切，所有当然会有一个越来越大和热门的供
给出现。



专攻自动驾驶方案十年，这家公司为韩国无人车行业提供炮弹

作者：思佳

导语：此次，韩国无人驾驶方案商 Unmanned Solution 首次来华公开演讲并接受雷锋网·新智驾专访。

雷锋网·新智驾按：9月14日，在为期三天的MMC智慧出行体验周活动首日，雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾联合Mobile Mobility China (MMC) 共同举办的“智能驾驶的商业化初探”主题沙龙在上海汽车会展中心如约举办。



在颇为国际化的嘉宾阵容中，韩国无人驾驶技术团队 Unmanned Solution 是其中之一。早在无人驾驶这个概念还没有作为任何一个热词出现在汽车产业舞台的2008年，Unmanned Solution 的团队就已经搭建完成了，现代汽车、三星等韩国大型企业都是他们的合作伙伴，而在现代汽车最初切入无人驾驶原型车设计时，Unmanned 正是前者的方案提供商。

此次，Unmanned Solution 首次来华公开演讲并接受雷锋网·新智驾专访，本文来自对演讲内容以及会后专访的整理编辑。

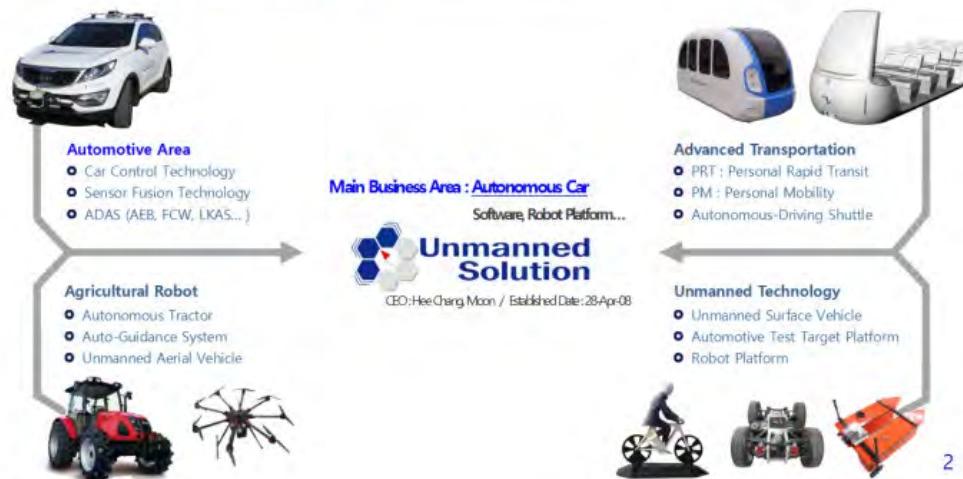
在今年 6 月在上海举办的 CES Asia 2017 上，雷锋网·新智驾首次与韩国无人驾驶整体方案商 Unmanned Solution 结识。

彼时，Unmanned 作为展商在一处不大的展位上密集地展出了一系列无人驾驶车用传感器和整合方案。这家公司的主要业务之一，就是在车厂、交通出行企业的自动驾驶研发初期，将整体的车辆自动驾驶改装方案提供给他们。

所以在初见时，很容易将这家公司与知名自动驾驶改装车赋能者 AutonomouStuff 联系在一起。不过在面对无人驾驶技术商业化的这条路上，Unmanned Solution 的思路有更多的不同。

一、Unmanned Solution 是一家怎样的公司？

01 Company Information



Unmanned Solution 团队从 2001 年开始研究无人驾驶车，2008 年正式成立公司。从 2008 年到目前，Unmanned 已经为大大小小的企业改装超过一百台汽车，使得传统汽车具备自动驾驶功能。

Unmanned 主要有四部分业务：

- 第一，无人驾驶研发以及相关硬件开发；
- 第二，未来交通工具，包括智能公共交通等方案；
- 第三，农业方面解决方案，包括农用机器人、无人机等解决方案；
- 第四，为各种试验场地，如车辆船舶及飞行器实验做的研究方案。

公司创立至今，积累了许多行业伙伴，如韩国现代、三星等企业都是合作方。同时，Unmanned 还包括一些韩国车厂和 Tier 1 零部件供应商，以及韩国研究机构、大学等。

二、Unmanned 无人车技术解析

03 Automotive Area

Main Business Area : Autonomous Car



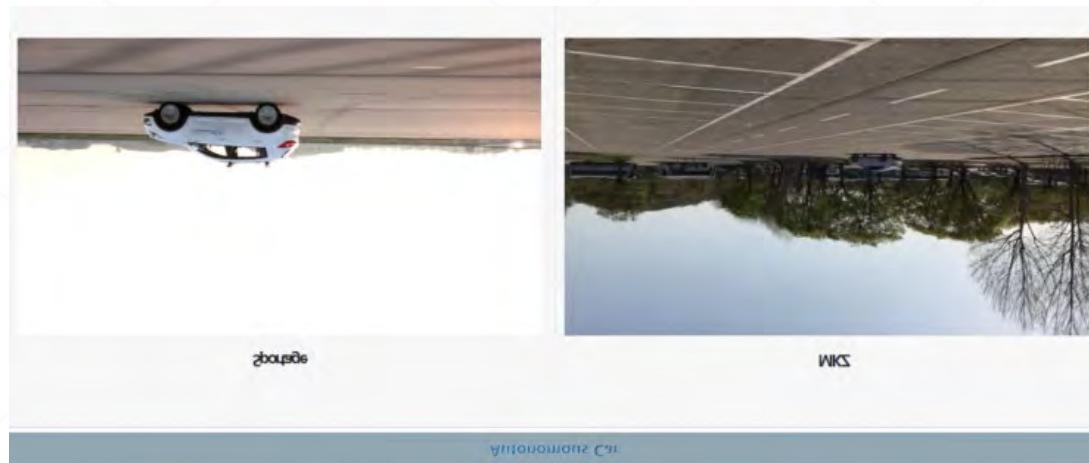
Unmanned 对无人车的研发，主要针对的技术方向是驾驶控制和数据融合，其硬件平台和软件平台均由公司自主研发。

04 By-Wire Kit ①

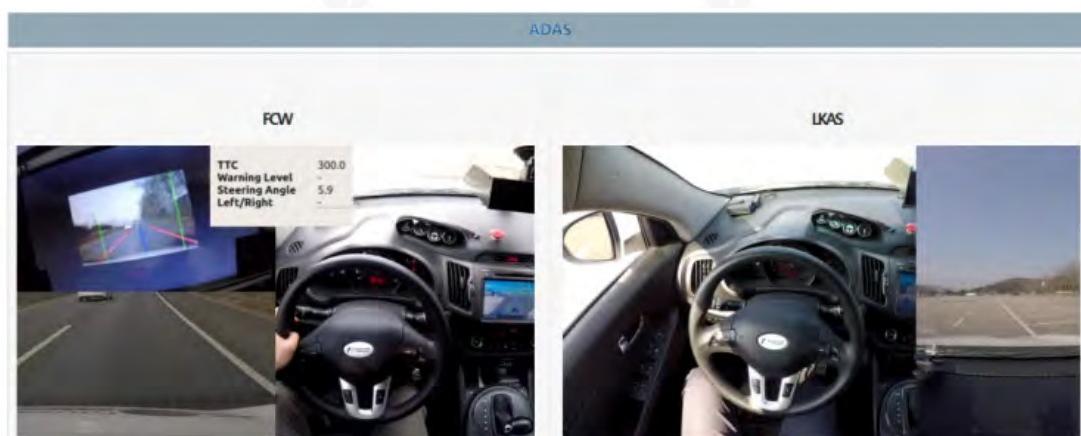


对于一台普通车辆的自动驾驶改装，Unmanned 研发了一套名为“By-Wire kit”的套件来实现。如上图所示，Unmanned 对一台汽车

的改装包括转向、转速控制，以及驾驶控制等。方案包括开发以及高精度地图的绘制等。Unmanned 表示，之前他们还曾与乐视有过合作。

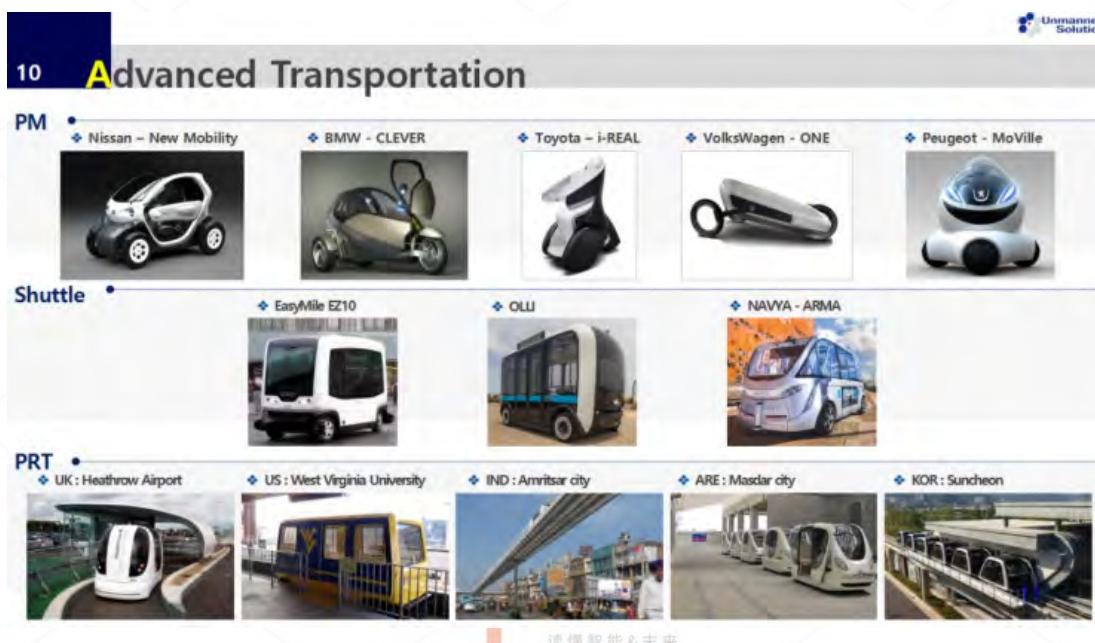


如上图所示，左边是 Unmanned 对传统车辆通过 By-Wire kit 套件进行的自动驾驶改装，右边是对林肯 MKZ 通过 By-Wire kit 进行的自动驾驶改装。这意味着，不论是对于自动驾驶的明星改装车型林肯 MKZ，还是其他品牌车型，Unmanned 的 By-Wire kit 套件均具有其改装的适配性。



此外，Unmanned 在 ADAS 上也有开发实例，通过算法实现了 FCW（前方碰撞预警）和 LKAS（车道保持辅助）功能。

三、智能公共交通



智能公共交通是 Unmanned 的第二部分主要业务，他们的愿景是，在未来交通生活中，能够最大限度地控制流量，利用公共交通手段提高城市交通效率。为了实现这样的愿景，他们得出了三种手段。

1、PM (Personal Mobility, 个人移动)

2、Shuttle (无人驾驶小巴)

3、PRT (Personal Rapid Transit, 个人捷运交通)

其中，PRT 相当于无人驾驶公交车，可以实现点对点交通，近期，Unmanned 正在研发这种方案，利用磁铁导轨的方式进行导航，并

辅助以简单的 GPS 导航，在园区等场景实现人员的运输工作，大大降低了成本。

在整个方案中，Unmanned 强调了软件算法的重要性，规避了较高成本的高精地图和高精度定位技术的使用，以此创造可存续的商业模式。

13 Shuttle Tram

- Unmanned Solution Pangyo Zero City autonomous shuttle tram Development (Public transportation in downtown area)



- Goals ('Accident zero', 'carbon zero', 'cost zero', 'regulatory zero')
- New transportation required for the convenience of tenants and visitors
- Provided autonomous driving service based on Internet of Things (IoT)



Driveless 12-passenger electric based platform

- ✓ Development of urban roads: driveless system
 - ✓ Wireless charging system
- Suitable for urban environment design**
- ✓ Autonomous shuttle: Maximum speed 40km/h
 - Object recognition lane recognition, ground recognition
 - Recognize nearby vehicles traveling at speeds up to 80 km/h

Outdoor self-driving and obstacle detection technology

- ✓ Driving based on map data
- ✓ Collaboration with subgrade sensors, barriers, driving
- ✓ Day and night obstacle judgment

All-weather environmental perception

- ✓ Operating at an ambient temperature of -10 °C to + 40 °C
- ✓ Operating in snow and rain conditions at IP67

14

上图是 Unmanned 现阶段正在进行的新都市的无人驾驶小巴 (Shuttle) 项目，因为对于韩国新都市而言，用无人驾驶方案解决交通问题，对人力需求少，同时相对而言较安全。据 Unmanned 透露，该项目将于今年下半年开始试运行，并于明年正式上路。

个人移动工具 (PM) 方面，Unmanned 与韩国一家政府机构合作，开发可在室内和室外同时运作的个人移动工具，室内通过天花板上的信标为设备导航，室外通过跟随技术行动。在 Unmanned 看来，

这种交通工具未来会随人口老龄化的社会问题加重，而成为必备的便捷交通工具。

四、农业解决方案

16 Agricultural Robot

- Autonomous tractor



17

Unmanned 读 懂 智 能 & 未 来

Unmanned 将智能农业领域看作一块重要市场。上图中的农机，由 Unmanned 与韩国一家公司合作研发，可实现在固定场地内的自动作业，Unmanned 在原有车型的基础上开发了转向机构和传感器机构，基于此，事先在电脑上输入农场中的作业范围，继而实现自动作业。

此外，Unmanned 的无人驾驶方案还用在无人机的智能喷洒上。

五、对话 Unmanned Solution CEO 文熙昌：看好无人驾驶 跨界应用，期待中国市场



读懂智能&未来

*Unmanned Solution 创始人兼 CEO 文熙昌

Q：您从何时起接触自动驾驶研发，创办 Unmanned Solution 出于怎样机缘？

A：我在 2001 年，在研究所从事无人车开发工作，2008 年得到博士学位，这个时候开始创业。当时国家有一个无人车的国防项目，因为这个项目的机缘，创办了 Unmanned Solution 开始做无人车的业务。

公司创办之初，主要是做军营中的无人巡逻车，这个技术与现在的自动驾驶车没有什么区别，相当于军用项目。目前，Unmanned

Solution 的业务也比较类似，属于无人操作方面，如机器人这一类。

Q：目前团队规模？

A：大概 30 多人，主要是开发人员。

Q：目前在汽车方面的主要业务是？

A：当时因为军用的契机切入这个领域后，业内逐渐有了 L3、L4、L5 的架构分级，我们根据这个架构来开发自己的硬件，通过对车辆的改装，实现车辆的自动驾驶。并非将技术给到车厂，帮他们开发，而是用我们现有的东西来实现汽车的自动驾驶化。



具体而言，我们独立研发了自动驾驶车的控制核心，其中的处理、控制算法以及传感器数据融合等技术均由我们自主研发。

Q：按照 SAE 分级，目前你们的技术能达到的自动驾驶等级是？

A：初期直接开发 L4 级，之后的几年，我们又分别做了 L2、L3 的开发。目前，汽车改装领域的技术能达到 L3，一些无人化场景能够达到 L4 水平。

Q：目前的市场占有率和主要合作伙伴情况如何？

A：通过我们研发的 By-Wire Kit 自动驾驶工具，目前在韩国市场占有率达到 90%，在中美的市场占比没有明确的统计。部分合作方包括 KT、三星、现代等。

Q：现代汽车自己也在从事自动驾驶研发，这部分与 Unmanned Solution 有哪些合作？

A：现代在刚开始做自动驾驶研发时使用了我们的产品，而后才开始做自己的研发。

Q：目前 Unmanned 在自动驾驶商业化的思路是怎样的，您认为核心技术实力在于什么？

A：在于对无人驾驶核心技术的掌握，如障碍物判断、感知、决策，载体包括硬件、软件等各方面。我们的方案不仅应用在普通的乘用车上，还会在更多未来交通工具上提供方案，为你可想到的交通方式，提供技术支持，带来未来生活的便利。所以，我们的思路不仅在车上，还有整个系统的优化等。

Q：韩国的自动驾驶市场发展情况如何？从整体上看，您认为韩国与美国的自动驾驶市场环境有何区别？

A：目前个人市场还是没有，主要客户是政府机构等部门，对 ADAS 有比较大的需求。例如，韩国政府希望所有长途巴士都加装 AEB 系统，避免一些交通事故。

整体上，韩国和美国的自动驾驶市场发展其实类似，目前大家的注意力非常集中在汽车的自动驾驶研发上，但事实上，除了汽车以外的许多交通方式都是需要无人驾驶技术的，包括船、公共交通等。所以可以将无人驾驶技术赋能到更多商业场景中，这是我们的理念。

Q：在韩国，现代汽车的自动驾驶技术实力是否走在最前列？

A：这个问题比较难回答。目前现代汽车的视觉系统使用Mobileye，雷达使用德尔福，激光雷达使用Velodyne，这是一个复杂的多元系统，不能说哪家方案商技术好，这是一个系统化层面的工作。



Q：对中国市场是否感兴趣，是否考虑进入中国市场？

A：我们对中国市场非常感兴趣，前年开始，我们在中国就有自动驾驶的改装业务。未来，希望能够在中国找到一个很好的合作伙伴一起做这个事情，如果有非常棒的合作伙伴，不管是技术还是人才等方面，我们都会倾注资源做活中国这边的市场。

前向启创熊志亮：ADAS 创业熬过四年，明年就是行业的高速爆发期

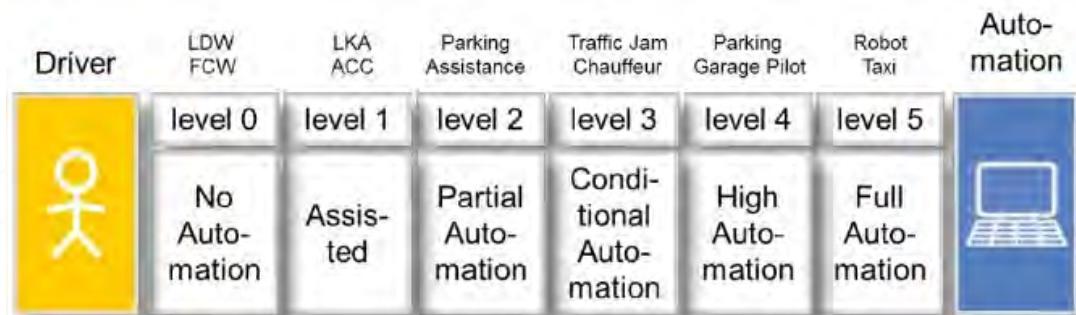
作者：易建成

导语：ADAS 的春天就要来了。



自从去年初将重心从后装 ADAS 转向前装 ADAS 后，熊志亮比以前更忙了，忙着前视 ADAS 的产品化，忙着在各地配合一级供应商、汽车厂商测试即将装配在量产车上的 ADAS。

一个利好消息是，中国汽车技术研究中心主导的中国新车评价规程（C-NCAP）正在将主动安全放进考评体系，2018 年开始实施。C-NCAP 最新考评体系的出台，一定程度上将刺激国内汽车厂商普及 Level 1 甚至 Level 2 配置的车型。



现阶段 ADAS 公司面临的最大挑战在于，如何使更多 Level 0 和 Level 1 功能陆续进入 10 万元售价以及以下级别的自主品牌车型。

前向启创瞄准的就是从 Level 0 到 Level 3 的功能覆盖。「明年强制标准、C-NCAP 碰撞标准出来，我认为 2018 年、2019 年、2020 年三年会快速增长。」熊志亮的话里透着一股 ADAS 的春天就要来了的味道。

「你觉得 ADAS 是一门好生意吗？」

这个问题如果放在四年前，鲜有人问津，熊志亮对此深有体会。2013 年 9 月，他与原英国 CSR 和美国 Zoran 的核心应用工程团队创立前向启创——这是当时国内为数不多研发前视 ADAS 的新创公司。

在公司成立的前半年，熊志亮融资并不顺利，投资人给出的理由直截了当：没有互联网概念，不投你。

他印象最深的一次，对方一坐定便问：你今年能做多少销售额？明年呢？可以想象，这是一次尴尬的对话。当时市场上也没有可供参考的成功案例。即便当年的 Mobileye，从 1999 年创始之初到 2014 年上市，也一直处于亏损状态，哪有经营效益可言？显然，ADAS 方向的创业在当时并不能帮助熊志亮说服投资人。

但现在，如果要熊志亮来回答这个问题，他会告诉你，2018 年到 2020 年将是 ADAS 的高速爆发期，国内的汽车厂商们在这几年推出的车型都会搭载 ADAS。Level 1、Level 2 的春天就要来了。



他还会直截了当指出，ADAS 在短期内并不会有太多业绩，到 2019 年都有可能亏本——这是一个重金投入的产业。Mobileye 亏了十年，现在的从业者可能亏四五年也正常。「我的目标是把产品做出来，能够在市场上立足，得到车厂的认可，并且与产业链紧密绑在一起。」他告诉雷锋网。

如今，ADAS 行业终于迎来标杆——Mobileye，它在以色列 IT 界的江湖地位，相当于 BAT 在中国的分量。

2014 年 8 月，Mobileye 在美国纽交所首次公开发行股票，这家专注研发 ADAS 的公司当年募资 8.9 亿美元，市值超过 80 亿美

元，创下历史上以色列公司在美 IPO 最高值纪录。2017 年 3 月，英特尔豪掷 153 亿美元将 Mobileye 纳入麾下，轰动业界。

就在 Mobileye 上市的 5 个月后，资本市场就像变了天，这股「风」终于吹向了前向启创。这家公司拿到了成立一年来的第一笔融资。2015 年 6 月，它又获得国内汽车零部件供应商亚太机电股份有限公司（以下简称「亚太」）2900 万的投资。

半年融资两轮，在当时来看，这似乎释放了一个信号：中国的 Mobileye 们是否要迎来爆发期？

二

与大部分初创 ADAS 公司一样，熊志亮曾一度犹豫到底要不要进入前装 ADAS 领域。

这是因为 ADAS 产品进入量产车的周期动辄三五年，对创业公司来说既有风险又有压力——短期内不能带来收益。

两年前，带有 ADAS 功能的后装行车记录仪是一个非常新的概念，很容易打动行车记录仪的制造商们，熊志亮在向这些人推方案时非常成功，「刚开始一台机器的毛利能赚 100 多块钱。」

但这种光景没能维持多久——很快，这一毛利降到只有十几块钱。由于高毛利，大量参差不齐的公司涌入这个行业，「当时这个市场

混乱，很差的算法也可以卖，根本就不达标。后来我们就退出了，因为没有办法去打（竞争）。」这是促使他选择转向前装市场的原因之一。

另一方面，亚太作为一级供应商也一直在强调前装市场。作为持股方，亚太承诺不在短期内给他经营目标的压力。最终，在 2016 年初，前向启创决定放弃后装转向前装。



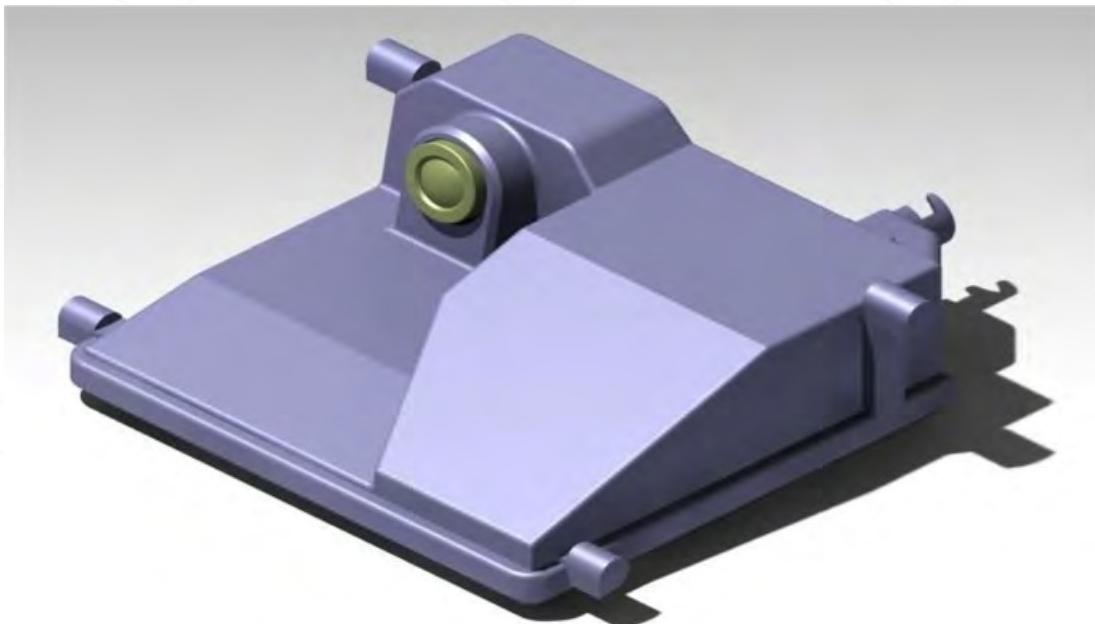
*前向启创产品规划图

今年，他们在各地与合作伙伴们进行测试，在熊志亮看来，产品化的压力非常紧迫。

「我们 CTO 带着深圳和西安的团队在上海待了两个月，还有两个人在杭州。ADAS 需要大量的路测，这种东西在实验室做不出来的。」在谈到 ADAS 产品化问题时，他告诉雷锋网。接着又表示，「现在拼的是把产品做出来。」

亚太作为汽车领域的一级零部件供应商，同时作为前向启创的投资方，也为后者带来了产业资源。

前向启创目前四家乘用车伙伴中，有两家来自亚太的客户。更重要的是，在产品车规级和集成能力上，亚太将帮助前向启创的产品加速打入前装领域——这也许是其他 ADAS 新创公司未曾有过的待遇。



明后两年，前向启创将陆续推出 3 款前装 ADAS 产品（L0 到 L2），并分别搭载在乘用车和商用车上。

「这个是最快的，年底前肯定会量产，这个会到明年年初，这个会到明年下半年。」在前向启创位于深圳的公司，熊志亮指着桌上三个 ADAS 样品告诉雷锋网(公众号：雷锋网)，「前装 ADAS 产品

的原型去年下半年就出来了，今年我们的工作是产品化，不断测试和修改。」

为了满足从算法原型、代码实现到芯片上的算法和产品化，去年11月，前向启创在西安成立研究院，与西安交通大学进行合作，组成一支20人的算法团队。

眼下，一个让大多数从业者关心的话题是，未来ADAS公司如何高效实现自动驾驶的角色转换？即便是Mobileye——它的优势还属于ADAS时代，它能否将这一优势延续到自动驾驶平台依旧存疑。

「未来两三年，我们会变成亚太或者Tier1的一部分，一定是这样。视觉公司都离不开这个命运。当巨头都在布局整个产业链的时候，如果你没有进入到这个链条进行深度战略合作，技术再好也只会被抛弃。」在谈到ADAS如何转型为自动驾驶公司时，熊志亮这样解释ADAS公司的终局。

「在Level0到Level2我们会起主导作用。」他强调，「举个例子，从Level3开始，你会发现Mobileye的控制权会转移到德尔福上，因为纯视觉公司做不了Level3。这需要更多的传感器融合，需要决策和控制系统的算法，需要更多的资源才能推动。」

这也是为什么曾有业内人士表达过这样一个观点：自动驾驶的世界就是一层层的「积木」（如控制、安全、行为和感知等）堆积起来

的，没有人能掌握一切。如果想实现自动驾驶，大家必须结成同盟。

三

作为 ADAS 的功能之一，随动转向大灯、远近光灯切换功能是一个新的卖点，这也是熊志亮发现的新方向，「它不像开发 AEB、ACC 要求这么高，而且需求旺盛。」

熊志亮告诉雷锋网，汽车基本标配的是氙气大灯，氙气大灯最基本的两个功能：随动转向大灯、远近光灯切换，这是在中低配车上可以加装的功能，中高配是 LED 大灯，最高配是激光大灯。这三种灯都需要这两个基本功能。「灯确实是好东西，上周在上海看完了装车效果，确实很好。自主品牌一定会安装，为什么？他没有办法去买海拉和法雷奥，因为整套方案太贵了。」

事实上，ADAS 的市场渗透率非常低。据公开数据，在去年包括合资品牌以及自主品牌在内的汽车厂商，ADAS 的渗透率不到 5%。这意味着这一市场增长空间潜力巨大，并值得为之投入。

对自主品牌而言，ADAS 将是新车的卖点，而且本身能带来实际的社会经济效益：降低交通事故。另一方面，随着 C-NCAP 的出台，将刺激国内自主品牌普及 Level 1、Level 2 的配置。新车必

须装有有效的安全防护系统才能够在碰撞安全评级（满分五星）中获得五星。「山雨欲来，大家都感受到了紧迫感。」熊志亮说。

从无人问津到成为行业风口，从后装、前装，再到一级供应商亚太的助推，前向启创经历了一个过山车般的起伏。今年这家公司的重心是实现前装 ADAS 的产品化。熊志亮认为，ADAS 公司拼的不仅仅是算法能力，现在更是拼产品能力。

「我今天没有给你秀算法，这个事情我们几年前干过，现在我要秀的是产品，是测试结果。」说完这话时，他眼睛盯着桌上那三个样品，又说了一句，「这就是产品。」



自行科技宁迪浩：智能电动汽车时代， 我们有机会再造一个 Mobileye

作者：易建成

导语：ADAS 对初创公司而言是一门「非常难且不划算的生意」，今年被英特尔收购的 Mobileye 就曾「8 年无收益，10 轮融资全砸技术」。



研发投入大、盈利周期长，ADAS 其实是一门「非常难且不划算的生意」。Mobileye 就曾「8 年无收益，10 轮融资全砸技术」。

但这对有些人来说，ADAS 漫长的研发和测试周期并不是阻碍，反而是令从业者垂涎的机会。三星首席策略官 Young Sohn 预计

ADAS 很快会成长为百亿美金的市场。未来几个月，三星也将发布自己的 ADAS 解决方案。

「在智能电动汽车时代，我们有机会诞生出 Mobileye 级别的新兴供应商，所以这绝对不是一门小生意。」为了证明这一点，自行科技联合创始人宁迪浩向雷锋网指出，「2016 年 Mobileye 的销售额不到 4 亿美金，但占有 ADAS 市场 70% 的份额。这说明一个问题：行业的发展还不成熟。」

自行科技的前身是一家与计算机视觉业务相关的外包公司，按照宁迪浩的话说，外包业务并不能支撑公司长远发展，索性换个方向。

2016 年，这个由前中兴、华为成员组成的 ADAS 公司自行科技正式成立。



这是一家专注智能汽车电子的创业公司，具体提供包括 Level0/Level1 级的 ADAS 产品、Level 2 级别的模组和解决方案。

今年 8 月，自行科技拿到民德电子、索菱千万人民币的投资。

技术

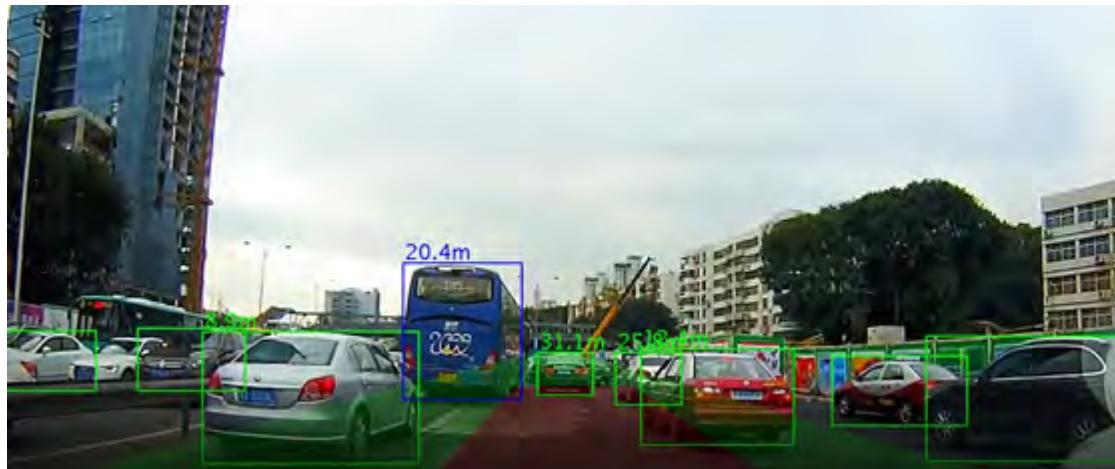
事实上，在自动驾驶技术完全到来前，ADAS 仍有极大的优化空间。

宁迪浩说，与 Mobileye 技术路径不同，自动科技利用深度学习打造 ADAS。这也被认为是「从技术上避免 Mobileye 的劣势，开发出超过它的产品。」他向雷锋网(公众号：雷锋网)透露，过去一年，团队花了大量时间对神经网络模型进行压缩，使 ADAS 系统可以在低成本的 FPGA 上运行。

不过，基于 FPGA 平台实现深度学习挑战巨大。比如，如何优化深度神经网络，使得一个计算量很大的深度神经网络可以在一个中小规模的 FPGA 上运行？同时又能维持性能和成本的平衡？

这个诀窍在于：对神经网络和 FPGA 进行大量优化。FPGA 的并行优化包括卷积操作并行、特征图内并行、特征图间并行、层/帧并行。据雷锋网了解，自行科技的团队主要优化了卷积并行和特征图并行。

经过对 FPGA 平台的深度优化，性能有多大改善？自行科技 CEO 关艳峰在一次技术分享中提到：以 ZYNQ7020 (xilinx 芯片) 为例，YOLO Tiny (实时目标检测) 可达到 60 帧的处理速度，VGG16 (卷积神经网络结构) 达到 26 帧的处理速度。



「行业内相当一部分人低估了视觉进步的速度，我们使用深度学习后，视觉对光照、恶劣天气和恶劣环境、特殊路况（隧道、桥梁）适应能力大幅度提升。」宁迪浩表示。

通过对神经网络和 FPGA 平台的优化，单目视觉模组在环境多样性
和目标多样性下性能表现良好。例如：雨天、夜晚、雪天和隧道出
口、侧向车辆、局部暴露车辆以及异型车辆能可靠识别；对于各类
车辆做到多姿态、多角度的识别，最大的可靠识别距离 100 米；

各类行人和非机动车，最大可靠识别距离为 50 米，并支持夜间行人识别功能。



不过，这不仅仅是停留在展示算法的层面。眼下这家公司的进展是，前向 ADAS 的产品样机已经完成，既有预警类（PCW、FCW 和 LDW）也有干预类（AEB 和 ACC、LKA）产品。据了解，这两类产品将在今年年底量产供货。

落地：商用车市场

ADAS 公司面临的共性问题是：到底选择哪个市场落地？以及什么时候可以实现量产？

随着 C-NCAP 的出台，将刺激国内自主品牌普及 Level 1、Level 2 的配置。新车必须装有有效的安全防护系统才能够在碰撞

安全评级（满分五星）中获得五星——这是一个利好消息，意味着部分 ADAS 公司将从中拿到订单。

「但是，国内的 ADAS 公司根本吃不到第一波『螃蟹』。对于新技术，汽车厂商会选择如博世、大陆这样更为成熟的供应商。」宁迪浩认为，2019 年、2020 年之后才是国内 ADAS 公司们的机

会。随着市场的扩大、渗透率的提升，中国自主品牌一定会寻求国产化替代方案或者第二供应商部分成熟、起量的产品。



但这种情形在商用车市场却是另一番景象。

今年 3 月交通部推出新规定：要求 9 米以上营运客车必须安装 LEW（车道偏离预警系统）和 AEB（自动制动系统），过渡期 13 个月，未来将推广到货运车领域。

这一规定可以理解为商用车市场将是一片可以让 ADAS 公司施展拳脚的蓝海——这也是当前自行科技发力的方向。

虽然商用车的市场只有乘用车市场的四分之一，但是如果创业公司按照新规开发出适用于商用车的 ADAS 产品，可以让这项技术在短期内真正落地。

「货车存量市场大概在 800、900 万辆，新增市场每年大概几十万辆，如果客、货加在一起，一年一百多万的新增，一千多万的存量，为什么不做？」宁迪浩告诉雷锋网。据他透露，目前团队在这一市场拿下了部分订单。

同时，驾驶员疲劳检测、360 度环视也是这家初创公司产品线的一部分。按照宁的逻辑，环视的收入可以为 ADAS 的持续研发提供「输血」能力——上述两个产品能够在短期内盈利。



为了证明环视的市场，他还列举了一组数字：环视作为倒车影像的升级配置，从 2016 年开始，其渗透率接近 10%，到 2025 年有可能超过 30%。

今年 3 月，英特尔斥资 153 亿美元收购 ADAS 标杆公司 Mobileye，轰动业界。但在宁迪浩看来，Mobileye 被英特尔收购并不能作为这个行业的典型代表，因为英特尔承受了极高的溢价——这个溢价既有偶然性也有必然性。必然性在于 Mobileye 走出了一条独有的路，成为市场上的「孤品」。

从长远角度看，国内 ADAS 公司要走通这条路，还有赖于市场的进一步成熟。

从 ADAS 到自动驾驶

在谈到为什么自动驾驶项目比 ADAS 更受投资人偏爱时，宁迪浩这样告诉雷锋网：「自动驾驶可能更像网红，他们（投资人）觉得想象空间更大。」

但有一个不容忽视的现实，自动驾驶从 Level 2 向 Level 3 跨越，到 Level 3 走向 Level 4，难度系数非常大，短期内很难量产落地。

英伟达解决方案架构师程亚冰曾表示，Level 3 (SAE) 级别自动驾驶所需要的计算量和数据量是 ADAS 的 5 倍左右。为了胜任各种各样的复杂场景，Level 4 级别自动驾驶的安全纠错机制更为复杂，软件框架要比 Level 3 复杂很多，前者是后者计算量的 50 倍左右。

这不仅仅是计算力的问题。在宁迪浩看来，自动驾驶最核心的部分是集中式控制器，不仅有高性能、低功耗计算资源运行算法完成功能，系统还需按照 AUTOSAR 的体系设计，需要满足安规 (function safety) 要求，目前这对国内的公司来说是巨大的门

槛。他认为围绕控制器做外围工作是合理选择，具体包括：传感器融合、高精地图、V2X 等等。

ADAS 的能量有多大，在自动驾驶正式到来前，这还是一个没有被完全验证的问题。



长安汽车黎予生：结束 2000 公里“跋涉”后，自动驾驶量产依然任重道远

作者：易建成

导语：当前的自动驾驶还是「有条件的自动驾驶」或是「在特定场合的自动驾驶」，而实现无人驾驶，还需要更多时间。



2016 年北京车展前夕，两辆由长安汽车研发的无人驾驶汽车从重庆出发，经过 2000 公里的长途跋涉，最后成功到达北京。而这两辆无人车，就是长安汽车研究总院总工程师黎予生团队的研究成果。

目前，长安汽车在重庆和底特律分别部署了团队在进行无人驾驶汽车的研发与量产工作。黎予生告诉雷锋网(公众号：雷锋网)，今年会加强辅助驾驶产品的开发，并计划在明年实现全自动泊车、集成式自适应巡航等功能。

2011 年长安汽车开始布局智能汽车，随后成为其战略方向，并累计投入将达 50 亿元，用于智能化汽车的技术研发和产品开发。

最近，长安汽车总裁朱华荣表示，长安汽车将在未来 10 年内投入 200 亿元，组建超过 2000 人的智能研发团队，开发智能汽车技术和产品，并计划在 2020 年推出高度自动驾驶汽车，2025 年推出商品化的无人驾驶汽车。



相比于长安汽车细水长流地投入，美国的汽车厂商更加直接：通用汽车、福特汽车先后通过大手笔的投资或并购初创公司来增强自动驾驶实力。在谈及为什么此类投资或并购没有发生在中国时，黎予生给出了自己的回答：一方面，国内的自动驾驶初创公司还没体现出自己的价值；另一方面，国内车企并购其他不同类型行业的现象不多。



在与互联网公司（如谷歌、百度）、新兴自动驾驶技术公司「比拼」上，黎予生认为汽车厂商正在将这差距缩小，理由是后者的原型车已经纷纷上路测试；另一点，车企对「车」的理解比互联网公司更深。

总得来看，黎予生认为当前的自动驾驶还是「有条件的自动驾驶」或是「在特定场合的自动驾驶」，而实现真正的无人驾驶，还需要相当长的时间。

以下为黎予生与雷锋网的对话实录，经雷锋网整理与编辑（有删减）：

关于长安汽车无人驾驶

新智驾：长安汽车的无人驾驶有哪些新进展？

黎予生：我们持续在这方面做研究，但这些技术并不是说一两天就做出来的。

一方面我们希望把这功能做的更稳定；另一方面，我们在美国底特律的团队想把这些功能一点点往上加。原来是二级（Level 2），现在可能要变成三级（Level 3）或四级（Level 4）。

新智驾：美国团队与中国团队做的事情一样吗？

黎予生：应该说在有些方面一样，有些方面不一样。

美国团队主要在自动驾驶方面做前期研究，重庆团队则往量产方面走。重庆这边也有几个人跟美国团队一起在工作。有时我们也会两地同步开发，架一个服务器，用同样的硬件、软件在两地做。

不管任何技术的开发，在美国开发好了，会回到国内进行验证。我们早期开发阶段的某些功能也是在国内验证，这样能够开发出来适合中国路况的产品。毕竟这项技术要量产，要与其他零部件相关联，相互通讯。

新智驾：量产的时候，主机厂对相关零部件要求特别高？

黎予生：现在我们基本上是基于车载产品在开发，基于车载传感器、车载执行机构等等。

在开发阶段，比如某些车载执行机构与系统匹配不够好，刹车不平稳，转向不平顺，这要一步一步测试。因为最后针对不同车型的转向制动，还要调试。实际上，我们把它实现了、验证了，但真正要匹配，还得视具体车型、具体部件而定，因为要跟量产结合起来。

至于传感器，因为在前期研发，很多技术基于车载传感器，但有时车载传感器达不到或者是完不成（我们的要求），我们也会用一些非车规级产品。在开发阶段，主要是着重开发功能、验证功能、验证算法。



在比较先进的技术上，我们也会用非车规级产品，但同时我们也在找可以把它替代的产品。如果能找到，就改进我们的算法，把传感器用起来。

新智驾：说到「非车规级」，比如激光雷达，还没有车规级产品，目前你们的方案里有激光雷达吗？

黎予生：我们有激光雷达方案，也在使用国外供应商一些车规级、比较前端的样件在测试和开发。但这些样件还没有开始量产。

大家做自动驾驶开发，用的比较多的还是 Velodyne，但现在 Velodyne 还没有车规级产品，可能会很快。大家都在往车规级走，但现在没看到这类产品。

新智驾：从主机厂的角度讲，车规级激光雷达需要满足什么样的条件？

黎予生：主要与汽车电子的要求一样，比如说工作温度-30 到 80 度。如果安装到保险杠位置，防尘、防水是必须的。然后是振动、可靠性、耐久性，这都是汽车电子通用的要求。

还有将来一系列质量管控。我们不可能把汽车上每一个零部件都拿过来去测试一遍，但如果不测试，我们怎么能保证它的零件是合乎我们的要求？这就要在生产过程中间做质量管控。

总得来说，自动驾驶系统，主机厂总是要依靠供应商的。主机厂不做雷达，只对雷达提要求：看到多少米、什么位置、可靠性是多少、准确度是多少、是一个什么状态。这些是主机厂跟供应商提的。

新智驾：现在很多车都有了半自动驾驶功能，你觉得接下来还会有些什么新的进展或变化？

黎予生：从级别来讲，从 L1、L2、L3 逐渐往上走。

我们现在注重的是这个功能能不能帮助驾驶员。比如，第一就是安全、舒适。其次是能够减轻驾驶员的负担，基本上是按照这个大思路走，把我们认为对驾驶员合适的功能装上去，是驾驶员愿意接受的功能，愿意为之买单的功能。

关于车企的“软实力”

新智驾：像现在谷歌、百度、Uber 这些互联网公司、初创公司、供应商如德尔福、博世以及主机厂也在研发自动驾驶。你觉得这几类公司，谁有机会在这方面胜出或者说占主动权？

黎予生：基本上前期是谷歌非常领先，但真正落实到车上以后，而且经过这么一段时间，传统的汽车企业包括整车零部件企业，好像把这个差距缩小了一些，跟谷歌无人车一样开始在路上跑了。虽然谷歌还领先，但已经没有那么大的优势。不过谷歌有很多实验数据和地图支撑，它在这方面还是占优势的。

作为主机厂，或者叫主机厂加零部件供应商，也有自己的优势，就是对车的理解比较深。另外，对地图而言，很多公司是专门做地图的，如四维、百度、高德、Here，他们愿意把自己的产品做成主机厂需要的自动驾驶地图。

但最终谁会胜出，这很难说。IT 企业与供应商比较简单，目的是做一个全套的自动驾驶系统拿给主机厂用。我想将来这可会像

Windows，只要主机厂把车做成标准接口，来安装他们的系统，性能会比较好。

但这样的话，主机厂就沦为一个纯粹的硬件制造商。自动驾驶系统很多附加值体现在软件上。如果主机厂把软件放弃了，相当于把增值最高的部分丢掉了。而且如果主机厂没有掌握软件，还会产生其他后果：服务和数据没有了，或是掌握在其他人手上，或是有些公司在与主机厂分享这些原始数据。

因此，自动驾驶的核心都在软件上。一般来说软件是必不可少的，是必须的，除非主机厂光想做硬件。

关于自动驾驶技术

新智驾：自动驾驶分为感知、决策、控制、高精地图、通信技术，您觉得在这些环节里，当前的自动驾驶技术还需要加入哪些技术来更好地实现自动驾驶？

黎予生：大体上来说，这些技术已经够了，但是每部分可能还要进一步发展。

比如感知，我们现在用的摄像头与雷达，也许将来还要用激光雷达。

雷达的要求也会逐步提升，现有雷达成本很低，但是它有相应的缺陷。比如说探测距离不够远。如果探测距离够远，成本就高了。不能说这些要求做不到，只是说在一定的成本下还要提升它的性能。

摄像头在一定距离下，表现相当好。但摄像头还是跟光线有关，要克服这个问题，还要利用激光雷达和雷达来弥补。但目前激光雷达成本居高不下。

对于地图来说，高精度地图应该问题不大，但各个主机厂和地图供应商在自动驾驶的开发上，还没有完全达成一致。自动驾驶高精地图到底要什么，怎么定义？地图供应商做出一个来，主机厂也许觉得有用，也许觉得没用。



另外一个就是定位。现有的 GPS 定位误差比较大，5 到 15 米做一般的导航够用，但是要把它放到高精度地图上，就要有高精度定位，比如达到厘米级，20 厘米、50 厘米，这样才能精确定位车的位置。

在控制决策上，现在很多都是用常规的方式：Case by Case（一个场景接一个场景）处理，传统是这么做的。但是现在有很多公司走的是另一条路，比如深度学习。因为很多人说街上的场景是不可枚举的，「Case by case」有可能会漏。

在环境感知上，根据现有环境下预测车会往哪边走，下一步会怎么走，这也是算法的问题。自动驾驶汽车要理解环境、重构环境，并预测环境。

在执行方面，将来自动驾驶汽车如果不要人干预，某个系统坏了怎么办？方向盘没有了，转向机构坏了该怎么办？执行机构将来将怎么做？每一项需要双备份吗？如果没备份，在发现系统故障前是要启动检查？如果不检查自动驾驶功能就不能启动？

在整车计算能力以及软件方面也要提升，因为以后的计算量非常大。自动驾驶的网络安全或者说信息安全问题也要考虑。

另外，用户的接受程度如何？**我们做得再好没人买不行。**从环境上讲，基础环境的支撑，车道线需要规范化。对于自动驾驶设计的人来说，一定要保证车辆安全。

上述问题，一方面是技术的，一方面是非技术的。虽然难点许多，但都在逐步解决中。当然，作为主机厂而言，我们只能解决与汽车相关的问题。

关于人工智能与初创公司

新智驾：主机厂一般是怎么看待人工智能跟自动驾驶的关系？

黎予生：我们曾经访问了一些人工智能知名人士，多数人和我们讲人工智能，目前还是感知学习做得比较好。在控制方面，用深度学习做控制，大家还在做研究。

在感知方面，我们并没有用深度学习来做深入研究，但我们有团队利用深度学习开发对车内驾驶员的状态识别。同时，我们也在利用深度学习做质量控制方面的研究。

新智驾：现在国内外许多的初创公司称要做「自动驾驶的大脑」，类似这样公司，主机厂会不会有兴趣去与他们合作？

黎予生：有可能。只要初创企业有能力，我想国内主机厂会逐步向国外主机厂靠拢，像通用、福特那样购买公司或投资公司，这些做得好的初创公司都会被买。

新智驾：但为什么国内还没发生这种情况？

黎予生：国内确实很多（主机厂）想做，但一方面资金有限，另一方面国内的初创公司，还没有做到足够好，让人愿意花钱买的地步。Uber 买了一家 Otto，买完之后就直接在路上测试了。德尔福买了 Ottomatika，也是一样。

但如果初创公司现在没做起来，主机厂往里投钱的意愿不会那么大。实际上我觉得主机厂没买是好的，逼着初创公司把自己的价值做出来。

新智驾：你提到有些初创公司做的没有「足够好」。对于主机厂来讲，怎样才叫「足够好」？

黎予生：主机厂要做某一方面的事，但在这方面没这个能力，初创公司能体现出这方面的能力，就够了。比如说，某个公司有个自动驾驶系统，它的自动驾驶系统是货真价实的，主机厂没有且正好需要这项技术。

但另一方面看，国内主机厂对自己本身车辆控制方面的软件能力非常弱，所以让主机厂去买一个软件公司，然后去管理它是相当难的。而且在并购方面，国内车企并购其他不同类型行业的现象也不多。



但总体来说，初创公司在中国要体现它的价值，会有主机厂买单的。

中国工程院院士李德毅：L3 自动驾驶的挑战与量产

作者：易建成

导语：“人工智能以润物无声的柔软改变着整个世界。”



雷锋网按：今年是 CICV（中国国际智能网联汽车技术年会）举办的第四年，这个被业内誉为智能网联行业最有影响力的技术年会，内容也从 ADAS 扩展到智能网联汽车各方面的技术，如传感器开发与智能安全系统、人工智能与自动驾驶、高精度地图与定位、V2X 等等。

今年大会的主题重点讨论的是 L3 自动驾驶汽车的量产问题。在 CICV 年会期间，中国工程院院士、欧亚科学院院士、中国人工智能学会理事长李德毅就这一话题带来了主题演讲：L3 的挑战与量产。以下内容由雷锋网编辑与整理（有删减）：

近年来，汽车辅助驾驶空前繁荣，从辅助人工驾驶(L1) 转型到部分自动驾驶 (L2) 、再到机器自动驾驶 (L3) ，从早先的预警、提醒驾驶员跨越到机器自驾为主、固定驾驶员的角色不复存在，L3 量产的势头不可阻挡，也为位置服务业 (LBS) 开辟了新战场。

目前几乎所有路上的自动驾驶汽车都还处在 L2 等级，都要由人掌控，包括特斯拉在内。美国加州车管局发布的 2016 年度自动驾驶报告中，最高水平的 0.2 次/千英里的干预频率，属于哪一级别的自动驾驶？

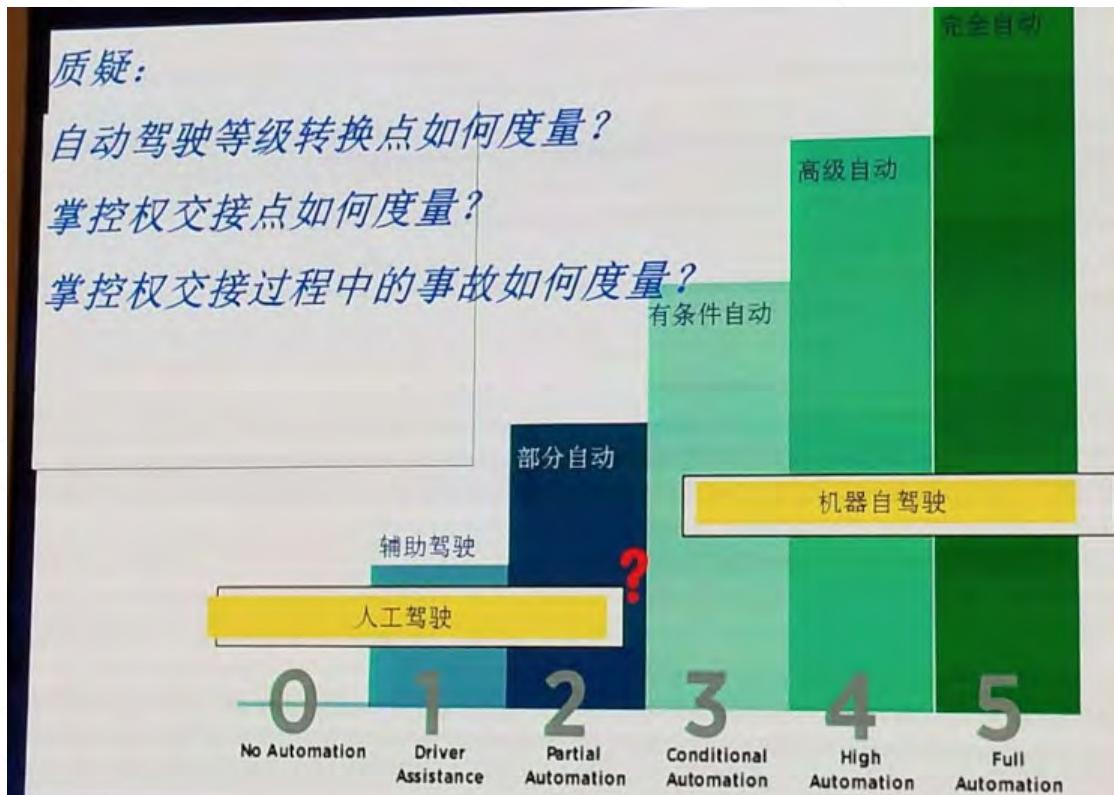
SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	Warning Only	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	Hands On	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	Hands Off	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	Eyes Off	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	Mind Off	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver	System	System	System	All driving modes

Copyright © 2014 SAE International. This document contains information that is proprietary to SAE International.

汽车自动驾驶时，可以有时释放人的脚，有时释放人的手，甚至可以同时释放人的手和脚。但可不可以释放人的注意力，释放人的驾驶认知？

糟糕的是，越是信任自动驾驶，越容易造成驾驶员注意力不集中。

因此，不能释放驾驶员认知的所有自动，都不能称之为自动驾驶。



从 L2 到 L3 的跳跃，是掌控权由人转移到机器，难在哪里？这里有三点质疑：自动驾驶等级转换点如何估量？掌控权交接点如何度量？掌控权交接过程中的事故如何度量？

在国际汽车工程师协会 J3016 标准中，唯 L2 到 L3 的跳升是质变，明确了驾驶掌控权由人转移到车，跳升的界定很明确。

L3 的挑战和量产，实际上应对的是自动驾驶车上路要获得驾照，是底线要求。至于 L3、L4、L5 的差别，是获得驾照的自动驾驶车的技巧和经验积累的多少而已。

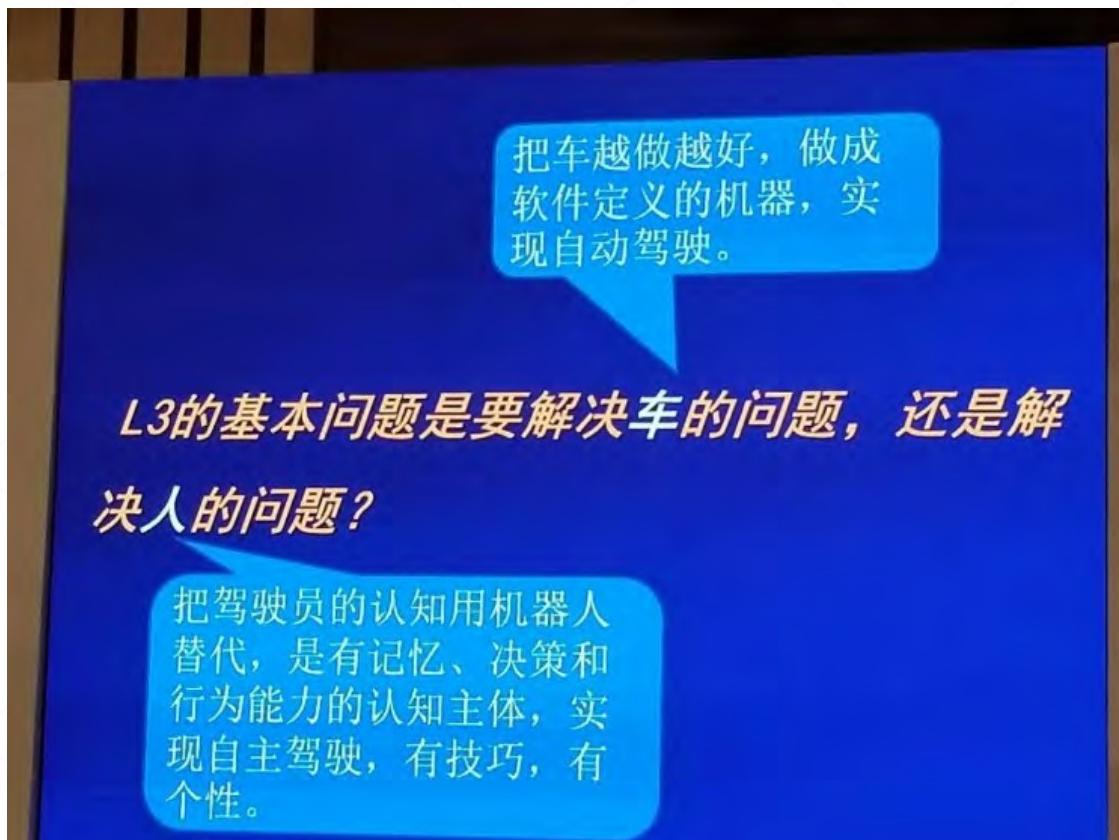
如何突破 L2 的天花板？

可以说汽车人已经把汽车里的自动控制做到了极致，同时也触碰到了自动化的天花板。光靠自动化解决不了无人驾驶。于是，人工智能来了。

汽车是在开放的不确定的环境下行驶，人工驾驶常常会遇到偶发的大雾、大雪、大雨、大风等天气状况：

狭小胡同、崎岖小道、傍山险路、积水、涉水、宾雪、低劣、地陷等道路状况：红绿灯失效、道路施工、事故突发、行人违规、车辆醉驾、熙熙攘攘农贸集散区通行状况。连新手驾驶员都难以完成这些驾驶任务，经验驾驶员往往能够灵活处置，而自驾车如何应对呢？

一旦突破了自动驾驶所设置的窗口条件，如地理栅栏、气候栅栏、以及人文地俗栅栏，马上需要进行驾驶掌控权的交接。在这样的交接过程中的事故也许比纯粹的人工驾驶更危险。



L3的基本问题是解决车的问题，还是解决人的问题？

把驾驶员的认知用机器人替代，是有记忆、决策和行为能力的认知主体，实现自动驾驶，有技巧，有个性。

那么，L3 的基本问题是解决车的问题，还是解决人的问题？

这里的「车」是指把车越做越好，做成软件定义的机器，实现自动驾驶。而「人」是指把驾驶员的认知用机器人替代，是有记忆、决策和行为能力的人之主题，实现自动驾驶，有技巧，有个性。

一个事实是，汽车是从马车演变而来，作为动力工具，汽车的马力可达到 100 匹马力，但汽车远远不如马车应对不同负荷、不同天气、不同路面、不同车辆情况下的适应能力。汽车的感知、认知能力远远不如马这个认知主体，老马识途，车不如马。

案例：超车并道工况中的预测和控制

- 生成超车并道动机，按动机行驶
- 超车过程中，因1号车加速，中途放弃换道，回原车道
- 换道之后，因3号车加速，并回原道仍在3号车之后
- 强化动机，轻点油门，迅速完成换道，然后回原车道
- 换道后所在车道可用路权大，迟迟不驶回原车道



*案例：超车并道工况中的预测和控制



在自动驾驶过程中，驾驶员和周边车辆的交互认知哪里去了？驾驶员的经验和临场处置能力由谁来替代？由此一个重要结论是：自动驾驶，好在专注，永不疲劳。自动驾驶，难在拟人，不仅在车。

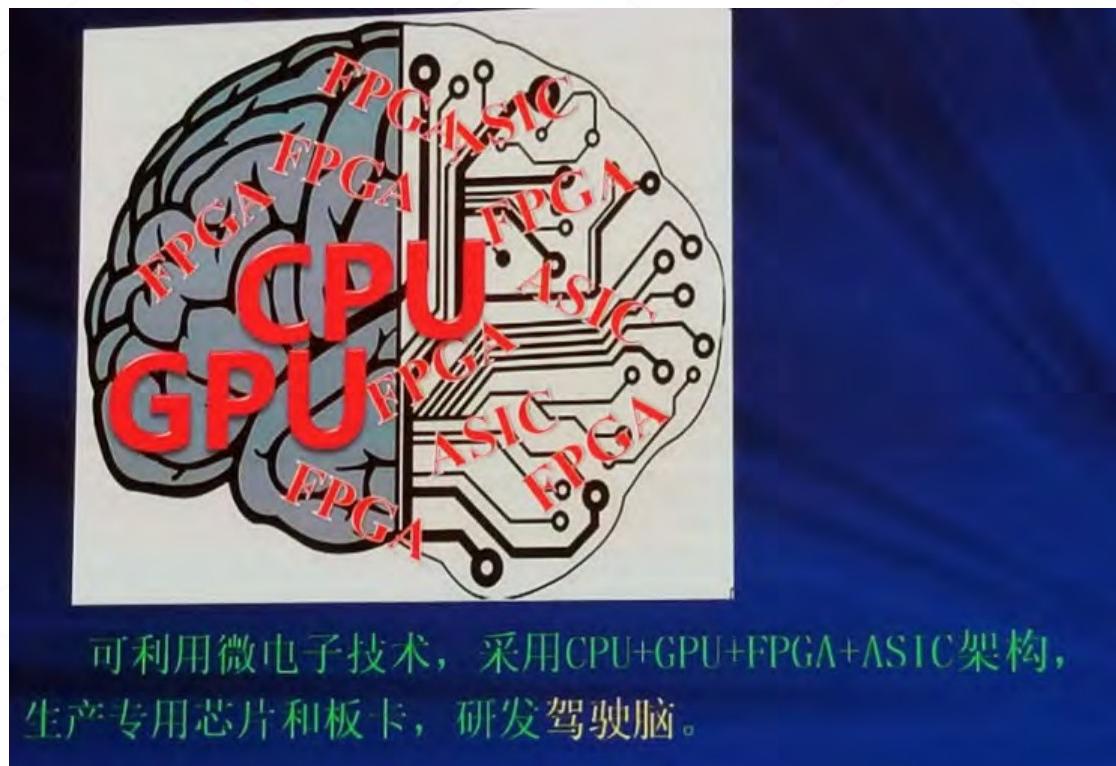
人在回路中的预测与控制被驾驶脑取代

如果要释放驾驶员的注意力，释放驾驶员的驾驶认知，必须要有一个物化驾驶员在线认知的智能代理——驾驶脑，否则难以自动。

驾驶员脑不等于驾驶脑。前者装了太多东西，会分散注意力，会疲劳。后者仅仅用于驾驶，永远专注，永不疲劳。有了驾驶脑，「人类第一杀手」的罪名将不复存在。

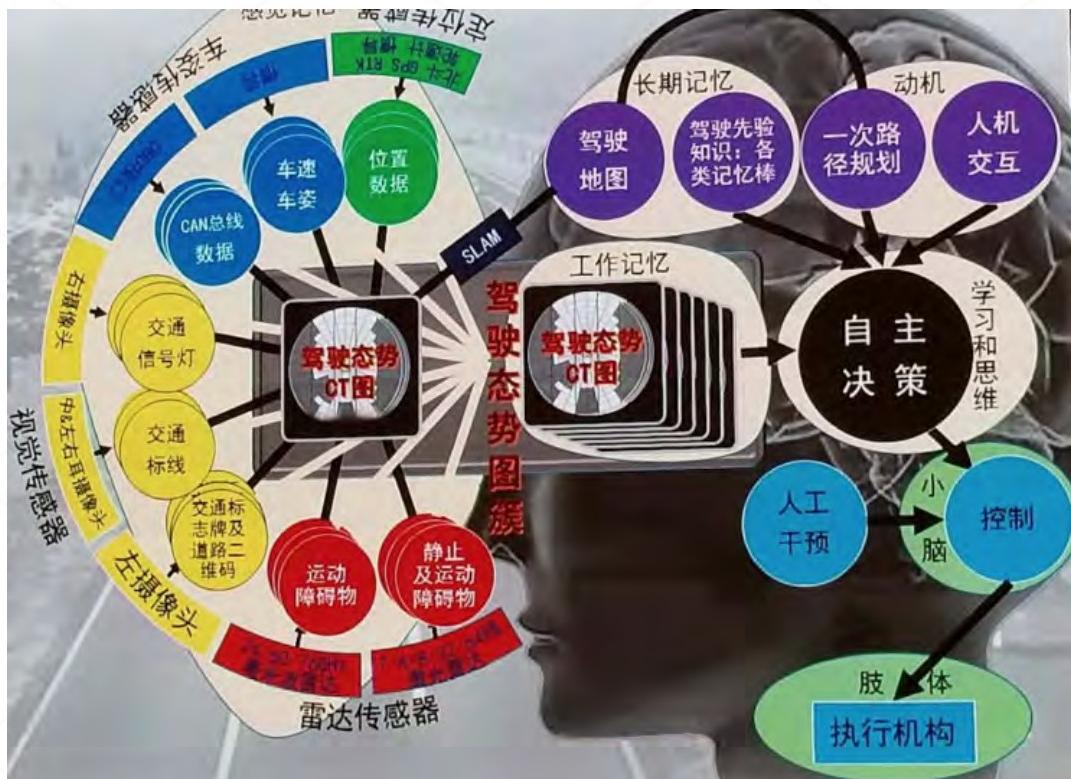
我们将汽车上所有的传感器分成四大类：它相当于人的眼睛、耳朵、鼻子，来感知周围的景观。

驾驶过程中，驾驶员在回路中的预测与控制是汽车自身无法替代的。轮式机器人驾驶脑应运而生，它不同于雷达等传感器的感知，要去完成包括记忆认知、计算认知和交互认知在内的驾驶认知，成为智能车产业化链条中的重要零部件，车载计算机和机器人操作系统也无法替代。



可利用微电子技术，采用CPU+GPU+FPGA+ASIC架构，生产专用芯片和板卡，研发驾驶脑。

驾驶脑自主应对驾驶过程中常常遇到偶发的各种各样的不确定性。可利用微电子技术、采用 CPU+GPU+FPGA+ASIC 架构生产专用芯片和板卡，研发驾驶脑。



我们比任何时候都更需要研究驾驶员，学习驾驶员，分析驾驶员行为大数据，构建驾驶员的智能代理——驾驶脑。

经验驾驶员和标杆驾驶员

经验驾驶员不但要符合驾规，安全行驶，文明行驶，其经验还体现在节能技巧、驾乘舒适性、对不同动力学的车辆适应性等方面。

世界上驾驶员的经验和行为，如同人的行走姿态，各各不同，可用驾驶行为作为驾驶员的身份识别，成为驾驶指纹。而标杆驾驶员是经验驾驶员中的杰出代表。

智能车研发的困难，不仅仅是汽车动力学的性质和各种各样的传感器要求，更重要的是要研发和驾驶员一样在线的「机器驾驶脑」，

模拟实现人在回路的自主预测和控制，应对车辆行驶中的不确定性。

将人在回路中的自动驾驶让车厂去模拟，是难以承受之重。把机器驾驶脑的研发让车厂去做，是难以承受之重。

驾驶指纹和开车目的地无关

集图灵奖、诺贝尔经济学奖和美国心理学会终身成就奖于一身的人工智能早期学者赫伯特·西蒙（Herbert.A. Simon）的工作启发了我们，有了线控、数控汽车，通过深度学习，挖掘驾驶员对方向盘、动力踏板、制动踏板的驾驶行为大数据，就可以判断并获得特定驾驶员技巧的个性。驾驶技巧和开车目的地无关。

传统汽车仅仅是驾驶员手、脚和力量的延伸，控制车辆行为的是人。线控汽车装备了传感器之后，用驾驶脑提到驾驶员认知，并获得驾驶指纹和驾驶技巧，使得汽车成为驾驶员自己、或者说让机器成为自己，这应该是人工智能时代最有意义的问题之一。

关于驾驶脑的畅想，不同的驾驶脑，认知水平可以有差异，技巧和经验也可以有不同，但都具备了基本的驾驶认知能力，是获得了驾照的自动驾驶。

量产 L3 的策略

截止 2016 年底，中国产销汽车超过 2680 万辆，年产销量再创全球历史新高，汽车保有量达到 2.79 亿辆左右，它们都用于什么样的场景？

对于自动驾驶：

- 不必将全球所有地域的道路状态，都压在一辆特定的车型上；
- 不必将所有天候条件的应对，都压在一辆特定的车型上；
- 不必将人类驾驶员的所有驾驶认知，都物化浓缩在一个特定的机器驾驶脑里；



定制量产 L3 用于特定场景

定制量产L3 先用于特定场景

- 园区观光
- 厂区通勤
- 社区巡逻
- 城际高速
- 特定的最后一公里
- 无人泊车
- 定点物流
- 校车
- 市区定点接驳
- 快速公交



在特定应用场景下，自驾车能否取代驾驶员掌控，取决于能否处置特定场景下的意外情况，能否发出求助信息要求人工干预，或者在迫不得已的时候作出最小损失的决策。

这其中，无人泊车对解决无人驾驶「最后一公里」的痛点，地位重要。从当前的代客泊车市场预估无人泊车，有很大后装市场（百亿元规模）。

泊车通常是怠速状态，四轮轨迹差异大，体现车辆动力学。泊车工况多样，手脚并用，繁忙切换，考验小脑，考验驾驶技巧，难搞定；可模拟多种多样艰难泊车环境，但用地不大。

让标杆驾驶员反复泊车，可获得精准轨迹和丰富的行为数据，用于深度学习和训练。



*被李德毅院士称赞的智行者推出的用于特定应用场景的无人配送物流车，搭载速腾聚创 16 线激光雷达

如同驾驶员的经验是逐渐积累的一样，从有限分为的特定应用的自动驾驶车型开始量产，逐渐拓广，是一条务实的、接地气的路线。

在未来，汽车成为大数据的源泉，移动社会的传感器。驾驶脑有学习和自学习能力，技巧和经验可以在线提升，驾驶脑智能的进化速度超过自然人。

全球现有 70 亿人、 20 亿辆车，年产新车 1 亿辆，一旦量产自动驾驶汽车上路，且占比越来越大，驾驶脑成为汽车必配，加之智能网联崛起，驾驶数据和智能越来越累积，驾驶脑越来越聪明， L3 多了， L4 也就慢慢多了，生成 L5 的自动驾驶车迟早也会出现。

从特定的应用环境寻找量产 L3 的抓手，人类摆脱了驾驶的羁绊，开始享受移动办公和移动生活。偶尔干预一下脱离的请求，甚至不理睬。自动驾驶车自身积累着数据和技巧，逐步推广到更高车速、更加复杂的道路场景、更多不确定性天气条件下的自动驾驶。

最后用一句话总结：人工智能以润物无声的柔软改变着整个世界。



前谷歌无人车 CTO Chris Urmson 回母校演讲，他道出了哪 6 大干货？

作者：大壮旅 编辑：易建成

导语：作为曾经的谷歌自动驾驶项目掌门人，Chris Urmson 每次关于自动驾驶汽车的论断都值得自动驾驶行业参与者仔细聆听。



*Chris Urmson

雷锋网(公众号：雷锋网)按：作为曾经的谷歌自动驾驶项目掌门人，Chris Urmson 每次关于自动驾驶汽车的论断都值得自动驾驶行业参与者仔细聆听。

要论技术、实战经验和工程挑战解决能力，业内能压过 Urmson 的工程师其实没几个。这位因谷歌出名的技术大牛在自动驾驶行业的从业经历已经超过 10 年。

据雷锋网了解，起初他是卡耐基梅隆大学的领军研究者，随后他加入谷歌，负责自动驾驶项目。而现在，他选择自行创业——创立自动驾驶公司 Aurora Innovation，带领自己的自动驾驶梦之队继续前行。

最近，Urmson 在卡耐基梅隆大学做了题为“关于自动驾驶汽车观点”（“Perspectives on Self-Driving Cars”）的演讲。

这次演讲相当有趣，因为他终于静下心来总结了自己在谷歌学到的经验，并将这些干货全部带到了 Aurora。由于 Aurora 才刚刚起步，因此他现在的观点更具前瞻性。这次 Urmson 的演讲绝对值得大家细细咀嚼。

1. 自动驾驶在路上出现的“混乱”比人们想象中要多得多

自汽车诞生以来，路上的交通事故就没停止过。2015 年，单美国就有 35092 人在路上丢了性命，244 万人在车祸中受伤，警察处理的交通事故更是高达 630 万起。

Urmson 认为，真实的事故率比警方记录下来的要高的多。

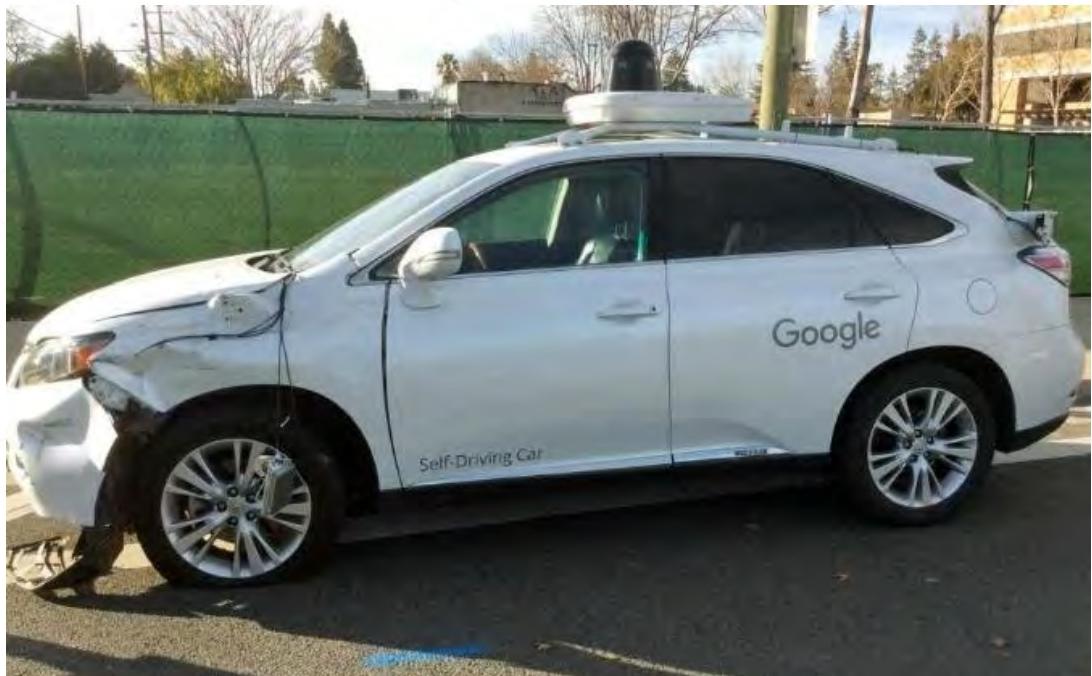
在谷歌超过 200 万英里的自动驾驶测试里程中，测试车辆共发生了 25 次事故，这些事故大多数都会惊动加州警方。不过，谷歌自动驾驶汽车遭遇的事故大多都有一个特点，那就是自动驾驶汽车正常行驶，但普通车辆却“半路杀出来。”

除了会惊动警方的事故，自动驾驶汽车在测试中也不免出现小磕碰，不过这些事故很容易解决。

2. 对自动驾驶汽车来说，人类意图（Human intent）才是最根本的挑战

自动驾驶汽车做出的抉择完全依赖于对人类驾驶员期望的理解和匹配。想做好这一点，不但要猜到本车驾驶员的意图，还要揣摩其他驾驶员的动向。对 Urmson 来说，未来解决这一难题是自动驾驶问题的核心。

为了阐明“人为因素”这一关键挑战，Urmson 仔细剖析了三次备受关注的自动驾驶事故。



*谷歌自动驾驶汽车与大巴相撞

在仅有的 25 次自动驾驶事故中，有一次事故需要谷歌自动驾驶汽车承担一定的责任。

雷锋网
读懂智能&未来

在这起事故中，谷歌无人车准备采用出道转弯的方式来转弯，但是前方遇到了一堆沙袋。当交通灯变成绿灯后，它先等几辆车驶过，然后看到一辆公交车。

对于公交车司机来说，道路上有足够的空间让他开过去。但是对谷歌无人驾驶汽车来说，系统预测公交车会减速让无人车并线进来，但是这辆公交车并没有，结果两辆车就撞到了一起。



*Uber 自动驾驶汽车遭遇翻车事故

在遭遇严重车祸前，Uber 的自动驾驶汽车正停在最左侧车道，其右侧的两车道由于车辆较多陷入了拥堵。Uber 测试车看自己车道顺畅，直接选择了继续行驶。

不过这时，却有一位司机驾车向左并线想直接左转，在并线时其他车辆遮挡了司机视线。司机可能认为其他车辆会减速慢行，于是直接并入了最左侧的车道，随后两车相撞，Uber 的测试车直接被撞翻倒地。



*被撞惨的特斯拉 Model S

即使特斯拉多次强调使用 Autopilot 时要将双手放在方向盘上，但这位遭遇车祸的司机却对该功能深信不疑。

当时，车辆认为司机会时刻注意路况，成为最后一道安全防线，但司机却觉得 Autopilot 能处理这一场面。不过，他们都错了，当那辆大卡车出现在汽车面前时，车主和汽车都没发现它的存在，因此致命事故不可避免的发生了。

此次事故后，特斯拉做出了不少调整，为的就是让车辆更了解司机驾驶时的状态。对 Urmson 来说，这起事故告诉他，想用人类注意力来补足车辆的短板局限性很大。

3. 增量式驾驶员辅助系统不会进化成自动驾驶系统

Urmson 指出，当今自动驾驶行业最大的激辩就是到底要走特斯拉路线，还是谷歌路线。前者的处理方案是不断改进的增量系统，期望有一天这套系统能直接驱动自动驾驶汽车。谷歌则否定这条道路，认为我们该应用不同的技术。

根据自己十多年的经验，Urmson 选择站在老东家一边。他认为我们必须完全相信汽车，放弃驾驶员操作。反观增量系统的方式，则会迫使开发者在各种技术间做出选择，而这样会阻碍技术向全自动驾驶模式过渡。

4. 不要让“电车难题”将完美变为敌人

所谓的“电车难题”是伦理学领域最为知名的思想实验之一，其内容大致是：一个疯子把五个无辜的人绑在电车轨道上。一辆失控的电车朝他们驶来，并且片刻后就要碾压到他们。

幸运的是，你可以拉一个拉杆，让电车开到另一条轨道上。然而问题在于，那个疯子在另一个电车轨道上也绑了一个人。考虑以上状况，你是否应拉杆？

自动驾驶汽车也会遇到类似的伦理问题，在危急情况下，是保乘客弃行人还是保行人弃乘客？业内有些人认为，在这种情况下我们就不该给自动驾驶汽车选择的权力。

在 Urmson 眼中，这是个有趣的哲学问题，但它不应该成为阻碍自动驾驶技术进入市场的障碍。

对于如何解决这一伦理困境，Urmson 提出了双重实用方案。

第一，自动驾驶汽车不应该陷入这种两难困境。“如果到了这个境地，无论怎么做都是无力回天。”自动驾驶汽车应该当个保守派司机，安全是第一要务，这样它就能预测并避免这样的困境。“如果你集中注意力开车，这样的危险情况就不会找上你。”他说。

第二，如果这样的困境出现已成定局，那么车辆不能临时做出判断，它的反应必须是预先设定好的。因此我们应该将实情告诉用户，让他们自己做选择。举例来说，**雷锋网**可以告诉用户危险事故即将发生时车辆会将行人的安危放在第一位，这样明确的选择比临时决定要好，毕竟到那时根本没有时间做判断，一切都要靠“本能”了。

5. 自动驾驶行业“狂飙突进”很正常

回忆起多年前的情景，Urmson 也是感慨颇多，当时他要恳求汽车厂商和一级供应商关注谷歌的自动驾驶计划，但依然遭到许多人的无情嘲笑。不过在过去的五年间，情况却发生了天翻地复的变化，那些曾对该技术满腹怀疑的人都开始投入巨资加入竞争了。

在 Urmson 看来，自动化、环境标准、电动车和打车服务之间的相互作用是推动汽车行业走向自动驾驶的主要动力。那么这样的“狂飙突进”正常吗？Urmson 认为这并没有什么问题。为此他还给出了一个简单的公式来支持自己的观点：

3 万亿英里的行驶里程 × 每英里 0.1 美元的成本 = 每年 3000 亿美元的营收

值得注意的是，这一公式还只是美国一个市场。因此，Urmson 设想的运输即服务（Taas）商业模式确实会让市场疯狂。在这样的背景下，类似 Uber、Lyft 和滴滴这样的先行者，总计估值已经高达 1100 亿美元，基本相当于美国汽车三巨头通用、福特和克莱斯勒的市值之和。



Urmson 认为，如果发展顺利，这当中部分公司能够实现四年市值翻番的神话。

6. 自动驾驶汽车的部署会“相对较快”

至于自动驾驶汽车何时能成气候，Urmson 倒是很乐观，他认为自动驾驶汽车服务在未来 5 年内就会出现在某些社区。

在一些气候环境恶劣和文化冲突较大的地区，自动驾驶汽车还需要一个普及的过程。不过在一些较适宜的地区，你可能很快就能坐上

它去到想去的地方（Waymo 认为凤凰城很有潜力成为首批自动驾驶车辆普及的城市）。

此外，Urmson 认为，未来 20 年内大量的交通基础设施都将支持自动驾驶。

Urmson 说，现在是机器人的黄金时代。“生在这个时代正好，我们正在见证交通和劳动力结构的转变，能有机会参与这场大变革确实令人激动。”



全网独家 | Mobileye CEO Amnon

Shashua：如何让自动驾驶技术变成大规模落地的产品？

作者：Misty 编辑：易建成

导语：如何让自动驾驶技术从科学项目变成大规模生产力？



雷锋网新智驾（微信公号：AI-Drive）按：作为 Mobileye 的灵魂人物，Amnon Shashua 热衷于谈论技术。所以你会发现，每次只要他演讲，他的分享无一例外都与“技术”有关。

在他看来，技术非常激动人心，它能改变生活，改变交通，改变城市的设计等等。具体来说，他指的“技术”便是自动驾驶技术。毫无

疑问，凭借计算机视觉起家的 Mobileye 开创了自动驾驶技术的另一种可能。

在今年韩国举办的世界知识论坛（World Knowledge Forum）上，Mobileye CEO Amnon Shashua 发表了主题为 *Autonomous Vehicles: On Achieving a Safe and Scalable Platform* 的演讲，主要谈论的是业内最为关注的问题：自动驾驶的安全保证和更为经济的、可量产的自动驾驶平台。

在将近 40 分钟纯技术分享后，Shashua 也首次较为全面回答“为什么 Mobileye 选择英特尔作为收购方”这一问题。他答道：“加入英特尔，并不是因为其诱人的收购价格，而是其拥有的无价资源。”



Shashua 说，当我们谈论自动驾驶时，我们谈论的不是某个产品，而是整个行业。我们不是谈论计算机视觉、人工智能、芯片系统，而是基础设施、云计算、汽车厂商、监管部门、5G 网络、数据中心。一个只有 650 名员工的公司怎么能凭一己之力做到这些？因此，Mobileye 需要加入一家行业巨头，翻开新的篇章。

这也是他为什么认为：现在看似风起云涌的自动驾驶行业，并不能仅凭一己之力，单打独斗就能获得成功。相反，自动驾驶是一个需要各方齐心协力，共同合作，并最终实现共赢的领域。

本文是 Mobileye CEO Amnon Shashua 在 2017 年世界知识论坛的演讲，由雷锋网新智驾独家编译整理。



在演讲之前，我想让大家关注这样雷锋网一个问题：汽车行业如何让自动驾驶技术从现在的实验室项目，变成大规模生产的产品？这是我们
现在亟待解决的问题。

要回答这个问题，我们首先需要看两个基本问题：一是自动驾驶的安全保证（Safety Guarantees），另一个是自动驾驶的经济性和可扩展性（Economic Scalability）。

我们经常说机器能造福人类，能拯救生命，但另一方面，机器有可能会夺走生命。社会能接受机器的正面作用，但不能接受其负面作用，因此我们需要弄清楚社会对自动驾驶技术的接受程度，想办法

让社会真正接受自动驾驶技术。因此，安全保证是一个非常基本的问题。

第二个基本问题便是扩展性问题，我们需要基础设施，汽车成本、汽车保养、它是否需要额外的外部基础设施，比如通讯设备、地图等等。即使自动驾驶汽车再安全，社会对其再宽容，如果其成本过高，那么自动驾驶汽车的发展也将面临巨大阻碍。我们可以经常看到视频中自动驾驶原型车演示，但我们从未看到自动驾驶汽车的大规模生产。

如果我们不能合理解决以上两个问题，那么我们的自动驾驶技术就不能进行大规模生产。



总得来说，自动驾驶技术有三大支柱：感知（Sensing）、地图（Mapping）和驾驶策略（Driving Policy）。

Three Pillars of Autonomous Driving



Autonomous Driving

Sensing

Environmental Model
360 awareness



Mapping (REM)

Localization at High Accuracy (10cm)
Driveable Paths



Driving Policy (Planning)

Negotiating in a multi agent game



首先，自动驾驶汽车需要感知周遭世界，因此它需要摄像头、雷达和激光雷达等传感设备——它们能让汽车接收到数据（比如其他车辆、行人、交通信号灯等），让汽车拥有一个 360 度视野。因此，没有传感设备，就没有自动驾驶技术。

其次，地图也是非常重要的。通常来看，我们在导航时才需要地图。但对于自动驾驶汽车而言，即使无需导航，地图也至关重要，因为它与驾驶安全息息相关。

地图多种多样，而自动驾驶汽车所需要的地图是非常细致和精确的，它需要反应环境的每个细节。同时，如果环境更新，地图也需要随之更新。那么，如何打造一款能随着环境实时更新的地图？这需要技术和交通共同的力量。

第三，看清周围环境，并知道自己在位置后，自动驾驶所需要解决的最重要的问题，依然是如何驾驶。感知与定位都是辅助手段，其决定性作用的还是最后的操作——需要与各方协商，作出正确决策。因此，自动驾驶汽车做出的驾驶策略也至关重要。



在自动驾驶汽车上路之前，我们需要提高自动驾驶汽车的决策能力。

首先，我们需要让它们的决策能力与人类相当。因为如果自动驾驶汽车在做决策时优柔寡断、相当保守，那么它在行驶的过程中会非常缓慢，并妨碍交通。

其实，在自动驾驶汽车上路时，这种情况时有发生。如果自动驾驶汽车决策能力低下，那么驾驶一两辆做测试可能不会影响交通，但

一旦成百上千的自动驾驶汽车上路，必将造成交通堵塞。这样一来，到时候可能没有哪个城市愿意允许自动驾驶汽车上路。

因此，我们需要赋予自动驾驶汽车与人类相当的决策能力。同时，我们还需要让自动驾驶汽车的决策能力高于人类，因为人类在驾驶时也可能因为判断失误而发生事故。因此，想让自动驾驶汽车真正安全上路，它的决策能力必须比人类强很多。

汽车在融入车流、改道、转弯、掉头时，司机都需要作出正确决策。在没有司机的帮助下，要自动驾驶汽车自己作出决策，通常是非常困难的。这就是我们要解决的问题。

Ultimate Desires

- Human-level Negotiation

- No Accidents ???

Few Accidents ?  who is liable ?

那么，我们怎么处理事故呢？我们要解决的基本问题是：如何一方面赋予自动驾驶汽车与人类相当甚至超越人类的决策能力，同时让社会接受自动驾驶汽车上路。

The Problem with Safety/Scalability

On a Formal Model of Safe and Scalable Self-driving Cars

Shai Shalev-Shwartz, Shaked Shammah, Amnon Shashua

Mobileye, 2017

Abstract

In recent years, car makers and tech companies are racing toward self driving cars. It seems that the main parameter in this race is who will have the first car on the road. The goal of this paper is to add to the equation two additional crucial parameters. The first is standardization of safety assurance — what are the minimal requirements that every self-driving car must satisfy, and how can we verify these requirements. The second parameter is scalability — engineering solutions that lead to unleashed costs will not scale to millions of cars, which will push interest in this field into a niche academic corner, which might drive the entire field into a “winter of autonomous driving”. In the first part of the paper we propose a white-box, interpretable, mathematical model for safety assurance. In the second part we describe a design of a system that adheres to our safety assurance requirements and is scalable to millions of cars.



The Problem with “Safety”

- Safety in automotive is about “system integrity” (ASIL).
- “Multi-agent Safety” which determines the likelihood of an accident is missing:
 - Mis-calculating Planning maneuvers can lead to an accident,
 - Sensing mistakes (missing an object) can lead to an accident.

现在让我们来看看一份白皮书，这份白皮书发表于 2017 年。

对于自动驾驶汽车来说，“安全”指的是系统整体性。而“多方安全 (Multi-agent Safety)”指的是事故发生避免率。一般而言，事故发生主要由两个原因。第一是计划失误，第二是传感失误。

The Data-driven Approach to Safety

- Traditional Wisdom:

- Validation of Safety is statistically-driven
- More miles driven the “safer” the system is

What is wrong with this approach?

那么，如何保证驾驶安全？

首先，我们有一个共识，那就是驾驶的熟练程度与驾驶里程成正比，如果司机的驾驶里程达到一定程度，那么他会对汽车驾驶性能、道路交通情况等了如指掌，出事故的几率也更小，也就是我们传统意义上的“熟能生巧”。

但我想指出的是，用这种方法来保证驾驶安全，是非常错误的。如果你继续靠这种方法保证安全，那么我们的道路上将永远不会有自动驾驶汽车。

为什么这种方法是错误的？

Non-feasibility of the Data-driven Approach for Safety

- Probability of fatality in 1 hour of driving is 10^{-6}
- 35,000 fatalities a year in the US.
- For Society to accept robo-cars the number of fatalities $\sim 10 - 100$.
- Desired probability of fatality per 1 hour of driving of a robo-car $\sim 10^{-9}$
- Claim:
 - To guarantee that the probability of an event per hour is P , one must drive at least $1/p$ hours (after every update of the software).
 - 10^9 hours of driving is roughly 30 Billion miles of data.

对于非自动驾驶汽车司机来说，驾驶一小时的死亡概率是 10^{-6} 分之一。乍看一下，这个死亡率非常低。但我们看看下一组数据就会发现，这个很低的死亡率也很可怕。相关资料显示：美国每年因交通事故而死亡的人数为 3.5 万。

而如果自动驾驶汽车的死亡率也是 10^{-6} 分之一，那么显然是不被社会所接受的。因此，自动驾驶汽车要上路，它的事故死亡率一定得比非自动驾驶汽车低得多。那么，它需要低到什么程度呢？1 万？1 千？

答案是，还远远不止，社会能接受的因自动驾驶汽车事故而死亡的人数为每年 10 到 100。这样来看，驾驶一小时的死亡率需要不高于 10^{-9} 分之一。如果要保证每小时的死亡率不高于 P ，那么司机必须在每次软件更新后，驾驶至少 P 分之一小时。

因此，如果要将死亡率降到 10^9 分之一，那么司机必须驾驶 10^9 小时，才能保证数据的效度。而驾驶 10^9 小时，里程将近为 300 亿公里，因此系统会产生 300 亿公里的数据。

但我需要指出的是，要收集 300 亿公里的数据，是非常荒谬的。我们来看看数据成本就知道了。

Non-feasibility of the Data-driven Approach for Safety

30 Billion miles in Data Cost

- An hour of driving with surround cameras, radars, lidars generates ~ 5 Terra bytes
- 10^9 hours generates $5 \cdot 10^{18}$ bytes = 5M PetaBytes

→ roughly 2 Trillion \$\$

30 Billion miles in Equipment Cost

- 4M cars driving 20 hours a day for a year
- say, \$100,000 per test car → 400 Billion \$\$
- 4M test drivers.....

驾驶一小时产生的数据（包括摄像头、雷达和激光雷达）约为 5 兆兆字节，因此驾驶 10^9 小时产生的数据将达到 $5 \cdot 10^{18}$ 字节，也就是 500 万千兆字节。而 1 千兆字节需花费的成本大约为 40 万美元，因此 500 万千兆字节所需的成本将近为 2 万亿美元。

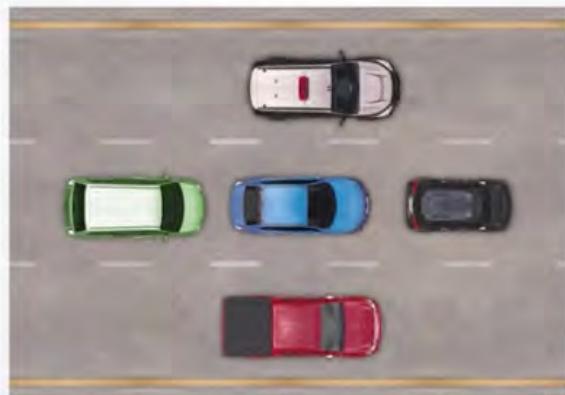
我们再看看设备成本。要收据到 300 亿公里的数据，我们需要让 400 万辆自动驾驶汽车每天行驶 20 小时，行驶整整一年。而如果一辆测试车的花费为 10 万美元，那么 400 万辆共需 4000 亿美元。同时，你还要雇佣 400 万位司机，这个成本还要另算。

因此，利用“熟能生巧”的方式来让自动驾驶汽车上路是非常不明智的，因为其背后的成本几乎是无法计算的。

所以，我们要指出的是：要保证自动驾驶汽车的安全，我们需要另一种方法，这种方法是基于模型并可以解释的。

Absolute Safety is not Possible

- Safety must be model-based, interpretable and explainable.
- Absolute Safety is not possible.



- Investigating an Accident: “who is the responsible agent?”

在提出方法之前，我要指出的问题是：绝对安全是不可能的。上图中的蓝色汽车四周都被车辆包围，如果左边的绿色车撞了它，它无计可施，因为它三面环车。

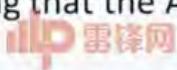
这种情况在道路上是很常见的，我们无法避免。因此，我们没有办法保证百分之百的安全概率。但我们可以保证另外一种可能：一旦发生车祸，相关部门就会开始调查，找出谁是责任方。

因此，我们要保证的是：如果车祸发生，责任方不是自动驾驶汽车，而是其他因素。这就是保证自动驾驶汽车安全的王道。

RSS and Mobileye's Method for Implementing Policy

• Responsibility Sensitive Safety (RSS):

- Set the rules of “Blame” in advance.
- Formalize the “common sense” of who is responsible for an accident.
- Concept of “Safe State”: a state in which an AV cannot cause an accident of its blame regardless of what other agents do.
- A method for verifying that the AV transitions only between Safe States.



要保证自动驾驶汽车不是责任方，首先，我们要事先制定“事故责任”规则，而不是等着事故发生之后才开始调查谁是责任方。如果事后才开始调查，那么媒体将会重点关注自动驾驶汽车，这样又会引起社会轰动，带来一波自动驾驶汽车安全的怀疑之风，监管部门会加紧自动驾驶汽车的政策，这样便会阻碍自动驾驶汽车的发展。

其次，我们要保证自动驾驶汽车一直处于“安全状态（Safe State）”。也就是说，除非有其他因素的影响，自动驾驶汽车不会自己造成事故。

要让自动驾驶汽车处于“安全状态”，我们需要规定自动驾驶汽车与周围环境的“安全距离”。如果这个规定适用于所有城市，那么自动驾驶汽车全面上路将指日可待。

Safe State

Safe Distance Formula



- response time of the AV
- road conditions (wet, dry,..)
- velocities of both vehicles
- max deceleration

Driving at 100kmh with $\Delta_v = 0$, $\rho = 200ms$ $\rightarrow d = 5.5m$

Driving at 100kmh with $\Delta_v = 50kmh$, $\rho = 200ms$ $\rightarrow d = 33m$

我们来看看“安全距离”是怎样算出来的。如上图所示，它由四个因素构成：

- 自动驾驶汽车反应时间；
- 道路状况（干、湿等）；

- 车辆速度；

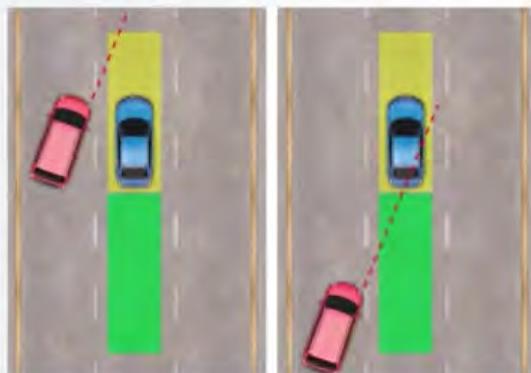
- 最大减速。

如果自动驾驶汽车以 100km/h 的速度行驶，反应时间为 200 毫秒，最大减速为 0 (匀速行驶) ，那么它的安全距离是 5.5 米。但如果其他因素不变，最大减速为 50km/h，那么安全距离便是 33 米。因此，自动驾驶汽车在行驶得非常快时，也可以保证安全。

同样，在超车时，我们也可以计算出安全距离。超车时，如果我们知道需要降速多少，反应时间是多少，我们就能算出超车时的安全距离。一旦算出安全距离，就意味着知道了自动驾驶汽车在变道时的速度可以达到何种程度，有了这个速度的限制，自动驾驶汽车驾驶安全系数将会提高。

Safe State

Intersecting another car's safe corridor



- “unsafe” longitudinal distance.
- consideration of lateral velocity in direction of cut-in.
- consideration of lateral position with respect to cut-in lane’s center.

Note: Blame definitions allow for aggressiveness (to an agreed and transparent degree) during lane change.

通常来说，当我们做超车假设时，道路上的汽车速度是一样的。如果是这样，那么汽车是不能变道的。因为道路上的车道很多，本车没有空间来变道。

因此，我们需要做另一种假设：在超车时，后方汽车的速度减慢了，这样本车才能顺利超车。所以，我们需要与相关监管部门进行协商，规定超车时的安全距离，让自动驾驶汽车在变道和超车时也可以处于“安全状态”中。

Safe State

Dealing with limited sensing



- safe longitudinal distance at exposure time determined by V_{limit}



在处理突然横穿马路的车辆或行人时，我们也可以运用相同的方法。如果你在驾驶自动驾驶汽车的途中撞到了前方横穿过来的行人，那么责任方有可能是你。那么，如何避免这种情况？

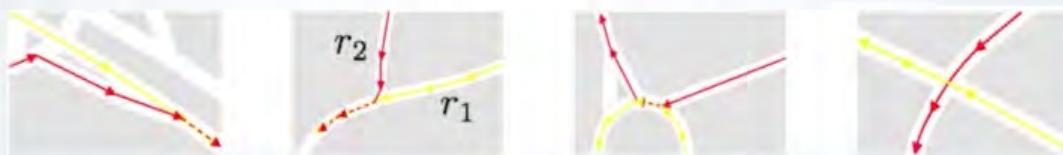
如果我们能够计算出保证横穿过来的车辆或行人安全的最大速度，问题就会迎刃而解。一旦计算出这个最大速度并保持不高于该速度的状态行驶，那么即使前方有即将横穿过来的车辆和行人，你也不会撞到他们。

我们可以和相关监管部门协商，将这个速度推广到各个城市，变成规定。这样一来，自动驾驶汽车的安全性又会大大提升。

Safe State

The concept of “route priority”

- different road geometries that overlap in a certain section.
- when two vehicles approach the overlap area, both perform a cut-in



- if route r_1 has “priority” over route r_2 , then a vehicle coming from r_1 is not considered to perform a cut-in

上图是“路线优越性 (route priority) ” (因时间关系，略过) 。

Safe State

- Two-way traffic
- Traffic Lights
- Unstructured roads
-

23 Lead Vehicle Accelerating
24 Lead Vehicle Moving at Lower Constant Speed
25 Lead Vehicle Decelerating
26 Lead Vehicle Stopped
27 Left Turn Across Path From Opposite Directions at Signalized Junctions
28 Vehicle Turning Right at Signalized Junctions
29 Left Turn Across Path From Opposite Directions at Non-Signalized Junctions
30 Straight Crossing Paths at Non-Signalized Junctions
31 Vehicle(s) Turning at Non-Signalized Junctions
32 Evasive Action With Prior Vehicle Maneuver
33 Evasive Action Without Prior Vehicle Maneuver
34 Non-Collision Incident
35 Object Crash With Prior Vehicle Maneuver
36 Object Crash Without Prior Vehicle Maneuver
37 Other

- Vehicle Action refers to a vehicle decelerating, accelerating, starting, passing, parking, turning, backing up, changing lanes, merging, and successful corrective action to a previous critical event.

- Vehicle Maneuver denotes passing, parking, turning, changing lanes, merging, and successful corrective action to a previous critical event.

Pre-crash scenarios listed above accounted for approximately 5,942,000 police-reported crashes involving at least one light vehicle, and resulted in an estimated economic cost of \$120 billion and 2,767,000 functional years lost. These statistics do not incorporate data from non-police-reported crashes. Excluding "other" scenario, this new pre-crash scenario typology represents about 99.4 percent of all light-vehicle crashes.

NHTSA crash typology study covering 99.4% of all crashes

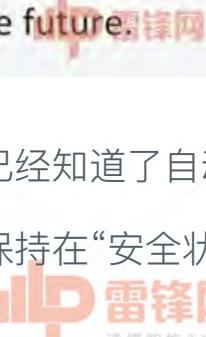
RSS Blame framework covers all those scenarios

美国高速公路安全管理局(NHTSA)做了一项调查，覆盖了99.4%的交通事故。



通过表格我们可以发现，交通事故的原因是多种多样的。比如前方车辆加速、前方车辆突然停止等等。那么要如何排除这些原因，让自动驾驶汽车安全？

Constraints on Actions

- What are the *constraints* on actions so that we *verify* that an AV will never be blamed for an accident?
- A brute-force approach checking all possible future outcomes is not feasible.
- Not obvious: there could be a “butterfly effect” where an innocent action might lead to a chain of events with an accident long into the future.

根据上述描述，大家应该已经知道了自动驾驶汽车的“安全状态”，那么我们如何让它们一直保持在“安全状态”中？很明显，要预测未来所有的状况是不可能的。

有时候，驾驶自动驾驶汽车时会发生“蝴蝶效应”。也就是说，作为司机，我们不经意间做了一个无关紧要的小动作，但这动作看似无关紧要，其实在日后会带来大灾难。

因此，我们需要保证自动驾驶汽车的任何一个小动作，都不会带来“蝴蝶效应”。

Cautious Commands

- **Computationally feasible verification:**

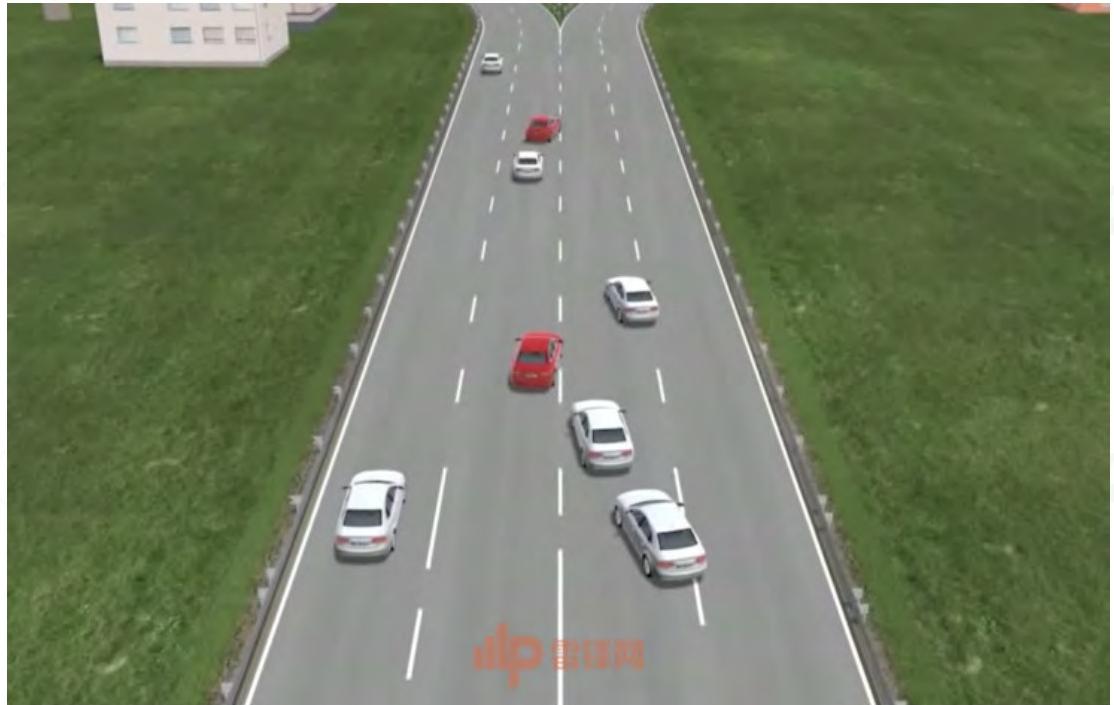
- Concept of “*Default Emergency Policy*”: most aggressive breaking and heading change towards 0 heading.
 - Concept of “*Safe State*”: a state s is “safe” if performing a DEP does not lead to an accident of the AV blame.
 - Concept of “*Cautious Commands*”: actions that maintain a Safe State *regardless* what other agents do.
-
- **Theorem:** starting from a Safe State, issuing only Cautious commands (or DEP if none exists), then AV will never make an accident of its blame.

首先我们来认识两个概念：



- “默认紧急策略 (Default Emergency Policy) ”，指的是自动驾驶汽车在紧急状况下默认作出的决策，在做出这种决策时，自动驾驶汽车不会作为责任方造成事故；
- “谨慎命令 (Cautious Commands) ”，指的是不管外界环境如何，都可以保证自动驾驶汽车处于“安全状态”的命令。

所以，我们就可以得出一个保证自动驾驶汽车安全的框架：自动驾驶汽车以“安全状态”启动，在行驶的过程中一直使用“默认紧急策略”和“谨慎命令”，那么它将永远不会造成自己作为责任方的事故。



上图是自动驾驶模拟器，图中显示车流驶入两条分路，白色汽车驶向左边道路，红色汽车驶向右边道路。从速度来说，你会发现它们很像人类驾驶行为。虽然车辆很密集，但是每辆车行驶得井井有条，没有任何差错和事故。

因此，你可以让自动驾驶汽车像人类一样驾驶。同时，无需驾驶300亿公里，也能保证车辆的安全。此外，因为我们可以向社会解释这种模型的运作方式，社会和监管部门都将接受这种模式。

关于自动驾驶安全问题的总结

Final words on Safety

- Unlike empirical models + simulators, RSS is about guarantees
- RSS requires intimate collaboration with regulatory bodies to set parameters, accept the notion of “blame”, and set out ways to certify an AV according to RSS.
- A RSS-certified AV involved in an accident is guaranteed not to have made a Planning decision causing the accident.
- Accidents due to sensing mistakes can be validated off-line using 10^5 hours of driving through fusion of 3 sensor modalities reaching to 10^{-9} guarantee.



我们来总结一下自动驾驶安全问题，我们把这种模式称为 RSS 模式。

首先，RSS 模式并不基于实证模型+模拟器的形式，而是基于一种保证的措施。

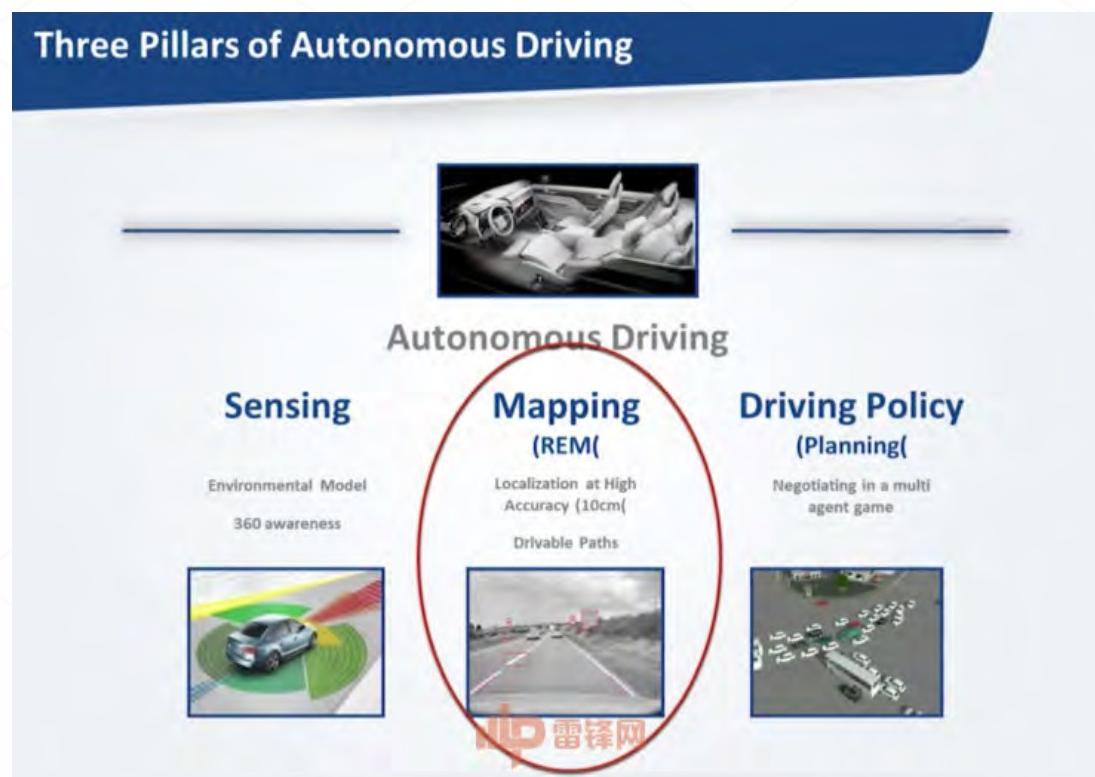
其次，RSS 需要相关监管部门制定政策，接受“交通事故责任方”的规定方式，这样才能确保自动驾驶汽车的安全性。

再次，RSS 模式下的自动驾驶汽车不会作为责任方造成事故。

最后，如果事故是由传感错误引起，那么驾驶搭载 3 个传感装置的自动驾驶汽车 10^5 小时，便能收集到足够的数据，这样能保证自动驾驶汽车的死亡率不高于 $1/10^9$ 。

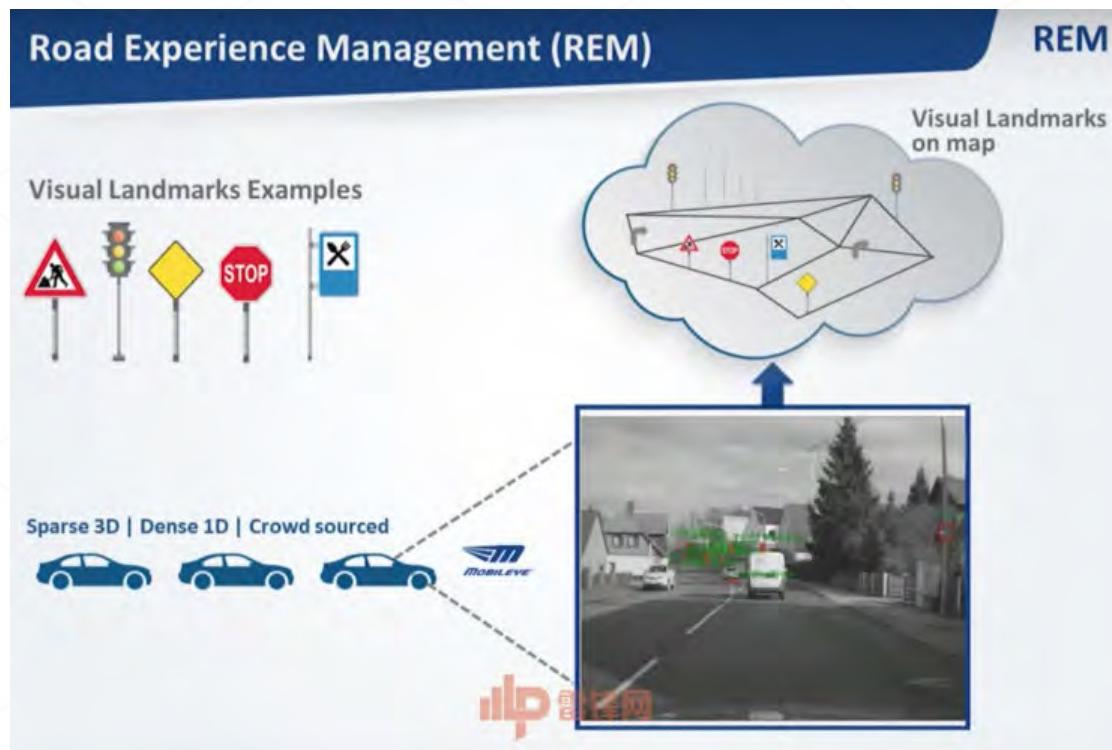
自动驾驶的经济性和可扩展性

我们来讲讲自动驾驶汽车的经济、可扩展性问题。即使自动驾驶汽车再安全，如果不合理解决好经济问题，那么自动驾驶汽车的发展也会面临巨大阻碍。



这一问题包括很多因素，其中一个重要因素就是地图。我们需要精确度非常高的地图（定位精度达到 10 厘米）。

现在，我们制作地图的方式很多都是基于人工操作的，如果在实验室做研究，这种地图还尚可使用。但如果我们要想将地图运用到整个自动驾驶行业中，那么我们需要更加高端、性价比更高的地图。



现在，驾驶辅助装置的目的是避免事故。在一些国家，每辆汽车都安装前置摄像头作为驾驶辅助装置，而大部分的技术都来自Mobileye。2017年，我们销售了将近900万颗芯片，我们的技术安装在将近900万辆车上。

摄像头可以收集到非常重要的数据。一方面是外部环境的数据，比如附近车辆、建筑、交通信号灯、道路标志等等；另一方面是道路上的标志线。

驾驶 1 公里将收集到 1 万字节的数据，100 公里为 100 万字节，芯片能将这些数据计算和储存。如果你一年驾驶了 2 万公里，那么芯片便能收集到 2 亿字节的数据。而将 2 亿字节的数据上传到云端，只需 0.5 美元。

这些数据发送到云端之后，将会用于制作精确度非常高的地图。

REM 架构：收集数据、整合数据和定位

The idea behind REM

REM has three building blocks

- **Harvesting:** collections of roadway data (lanes, etc.) and landmarks to create RSD at 10kb/km
- **Aggregation:** fusing all the RSDs in the cloud into a RoadBook
- **Localization:** using RB and realtime detection of landmarks localize the host car in the RB at an accuracy sufficient for Policy and Vehicle Control

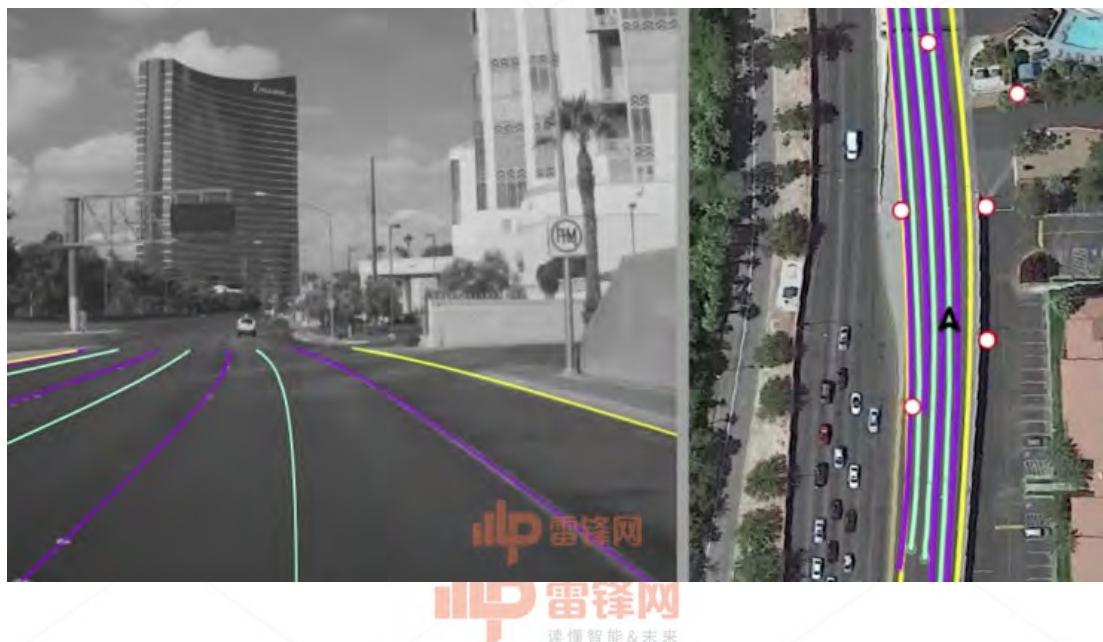
REM (Road Experience Management, 道路体验管理) 背后有三个架构：收集数据 (Harvesting)、整合数据 (Aggregation) 和定位 (Localization)。

首先，收集道路（线路、交通信号灯等等）和地标信息，创造 1 万字节 / 千米的数据；

其次，将所有数据上传至云端的 RoadBook 中并进行整合；

最后，使用 RoadBook 和实时地标检测系统为车辆进行准确定位，其准确程度满足相关政策的要求。

为了更加直观理解 REM，我们来看几张图片。

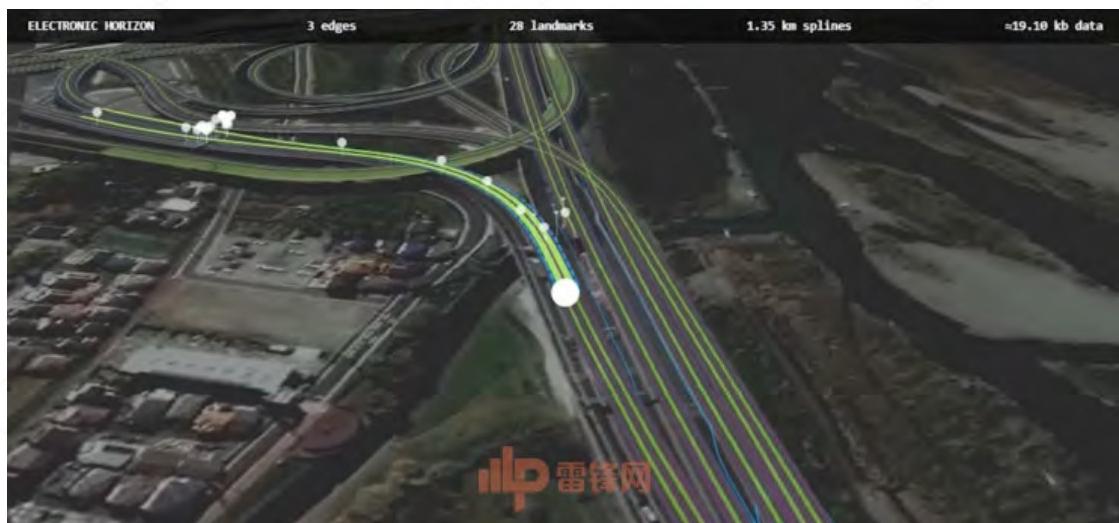


上图显示了一辆行驶在拉斯维加斯道路上的自动驾驶汽车，左半部分是汽车的前方视觉，右半部分是汽车在 Google 地图上的状态。

紫色的线为道路上真实的线，你仔细看会发现它非常笔直，这表明地图的精确度非常高，因为如果精确度不高，那么紫色线将会变得弯弯曲曲。



上图是一辆搭载第三等级自动驾驶技术的尼桑汽车在日本高速公路行驶的视图，这是汽车厂商们发起的一个项目，目的是自动驾驶汽车高速公路驾驶提供指导。





这个项目有诸多合作伙伴，包括宝马、日产以及很多其他汽车厂商。在行驶的过程中，这辆自动驾驶汽车能够不断收集数据，而这些数据可以用来打造地图。2018年全球将生产200万辆自动驾驶汽车，这些汽车都能收集并发送数据，帮助打造地图。

打造自动驾驶地图并不断进行更新，如果要用到特殊的装备，其实是非常昂贵的。但是，这种方法无需其他特殊装备，所以它能很好的控制成本。

因此，通过联合多方力量，利用自动驾驶汽车收据的数据来打造地图，是降低自动驾驶地图制造成本的好方法。

EyeQ 系列芯片

EyeQx Family: Terra OPs per Watt

- EyeQ3: 4 x VMP+ 4 x CPU, 40nm, series prod since 11/2014
0.25 TOPs @ 3W
- EyeQ4H: 6 x VMP + 2 x PMA + 2 x PMC + 4 x CPU, 28nm, series prod from 3/2018
launches by BMW, VW, Nissan, HKMC, Ford, GM, Honda,...
2.5 TOPs @ 6W
- EyeQ5H: 7nm, 1st silicon 8/2018, series prod from 3/2020
24 TOPs @ 12W



雷锋网

读懂智能&未来

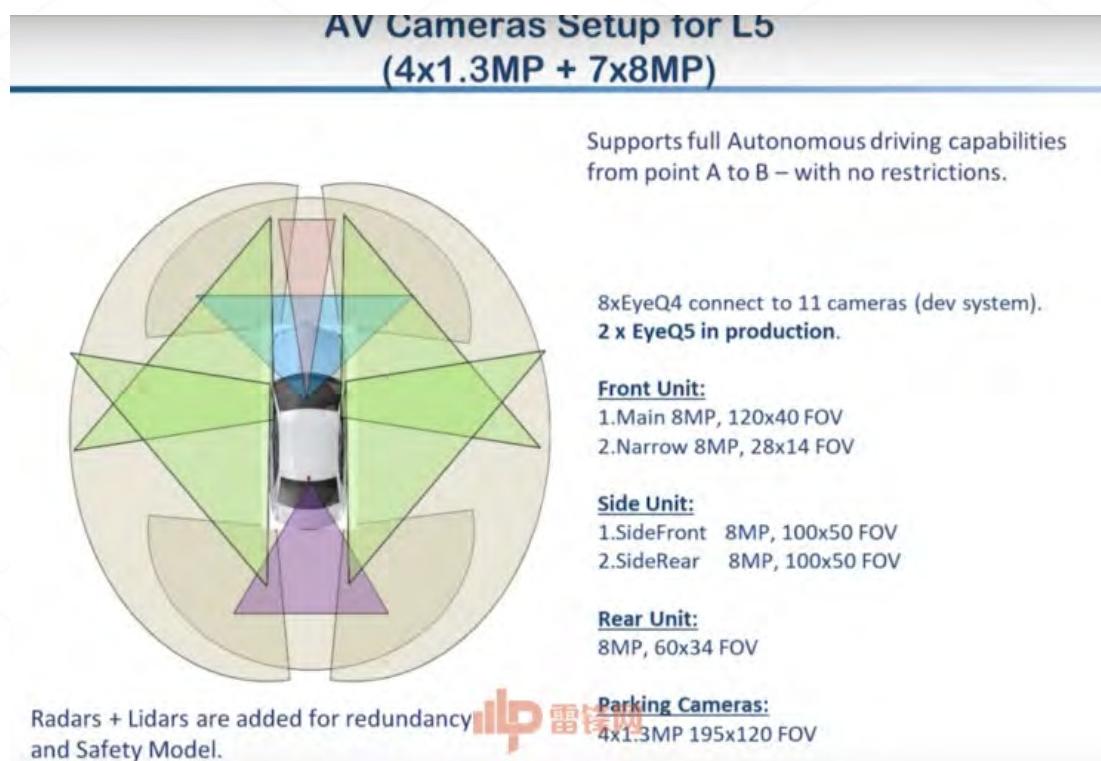
现在，Mobileye 的 EyeQ 系列芯片已经非常强大。

我们已发布 EyeQ3，其长度为 40 纳米，采用 4 个创新型向量微码六核处理器（VMP）和 4 个 CPU，已于 2014 年 11 月正式投入生产。EyeQ4 芯片长 28 纳米，采用了 6 个 VMP、2 个可编程宏阵列（PMA）和 4 个 CPU，将于 2018 年 3 月正式投入生产，用于宝马、大众、日产、福特、通用、本田等汽车。

EyeQ4 芯片是可扩展摄像机系统的重要组成部分，不仅会出现在碰撞避免系统中用于单目镜影像处理，来满足欧洲新车评估测试（NCAP）、美国国家公路安全局（NHSTA）以及其他地区规章要

求，还将使用在三焦距摄像机结构中用于实现一些高端客户需求，例如半自动驾驶功能。

EyeQ4 芯片能够与雷达传感器和扫描光束镭射完美兼容，为用户带来更先进的服务体验。



EyeQ5 仅长 7 纳米，使用了先进的半导体制作工艺——10 纳米甚至精度更高的 FinFET 新电晶体架构制程，其加速器核心经过了优化，如计算机视觉、信号处理、机器学习任务以及深度神经网络。

EyeQ5 具有异构性，完全可编程的加速器，芯片内置的四种类型加速器均经过其系列算法优化。

Level 5 级别 (SAE) 的自动驾驶汽车将使用两颗 EyeQ5 芯片以及英特尔 CPU 的支持。EyeQ5 样品将于 2018 年 8 月发布，将于 2020 年 3 月投入生产。

总结

Summary

- Safety Guarantees
 - Formalizing “blame”
 - Driving Policy
 - Comfort (learned)
 - Safety (model-based)
- Economic Scalability
 - REM - creating HD-maps via crowd sourcing
 - Semantic language and action space for Driving Policy
 - Low power SoCs

雷锋网

我讲了两个非常基本的问题，但这两个问题经常是被大家忽略的。

通常来说，说到自动驾驶，我们会讲到与传感器相关的问题，但这些问题其实都不复杂。真正复杂的，是如何让社会接受自动驾驶技术。

如果社会不接受，那么自动驾驶汽车将永远不会大规模生产。所以我们需要保证自动驾驶汽车的安全，这就需要汽车行业和监管部门的合作。

同时，我们还需要解决自动驾驶的经济性和可扩展性的问题，因为即使自动驾驶汽车再安全，如果人们不接受它的成本，那自动驾驶汽车将不能大规模上路。

我列举了几种降低自动驾驶成本的方法，比如打造地图、优化驾驶策略、设计芯片。因时间关系，还有一种方法（Low power SoCs）我没有讲，如果你们感兴趣，可以下载相关论文。



问答环节

Q：我们知道今年三月，Mobileye 被英特尔收购。您能谈谈为什么选择英特尔作为收购方？

A：加入英特尔，并不是因为其诱人的收购价格，而是其拥有的无价资源。

Mobileye 成立于 1999，今年已经 18 岁了。2014 年 8 月，Mobileye 在纽约证券交易所上市，当时的市场营业额已经达到了 55 亿美元。我们从驾驶辅助（基于前向 ADAS，与毫米波雷达融开）始，一举成为行业的领头羊。

但是，我们意识到：当我们谈论自动驾驶时，我们谈论的不是某个产品，而是整个行业。我们不是谈论计算机视觉、人工智能、芯片系统，而是基础设施、云计算、汽车厂商、监管部门、5G 网络、数据中心。

那么，一个只有 650 名员工的公司怎么能凭一己之力做到这些？我们知道，是时候加入一家业内巨头，并具有强烈工程师文化的公司。



其实，我们缺的不是钱，而是资源，包括人力资源、基础设施资源等。我们需要与相关监管部门协商，但是以 Mobileye 的规模，我们只能与以色列国内的监管部门协商，而不能与其他国家监管部门协商。

但以英特尔的规模，它能和全球范围内的监管部门协商。因此，我们清楚地知道：Mobileye 需要加入一家行业巨头，翻开新的篇章。

英特尔有一个部门专门致力于自动驾驶，他们在理念上与我们达成共识，因此我们选择加入。与此同时，英特尔的以色列分部有将近

1 万名员工，它在以色列的布局很大。这也是英特尔吸引我们的原因。截止到两个月前，英特尔以色列分部的 200 名工程师加入了 Mobileye，从事下一代芯片 EyeQ5 的开发工作。

现在，我们已经打造了 100 车辆的自动驾驶车队，它们将一边收集数据，一边进行自动驾驶测试。如果单凭 Mobileye 的一己之力，我们不可能打造规模如此庞大的自动驾驶车队，但有了英特尔的力量，这就小菜一碟。

Q：在很多文化中，失败意味着完蛋。但是在硅谷，失败有着另一种含义。因此，您能谈谈“失败”这个话题嘛？

A：这个话题很有趣，因为它与文化息息相关。有一本著名的关于以色列的书叫做《创业的国度：以色列经济奇迹的启示》(Israel – The start-up nation)》，但它的作者不是以色列人，而是两位美国人。

正如“当局者迷，旁观者清”，外国人观察以色列，能给予我们一个不同的视角。在读这本书时，有两个观点让我感到很惊奇。其中一个就是关于失败的问题，在以色列文化里，因粗心大意而失败是值得批评的，但因你想尝试某种新事物而失败，是无可厚非的。

如果你拼尽全力创立一家公司，但失败了，人们不会批评你，而是会说你有经验了，那么下次你就不会犯相同的错误。因此，这样的失败并不会让你失去信念。

另外，以色列没有等级制度。以色列公司文化是很扁平的，如果我的员工用正当理由指出我的错误，那么他不会被解雇，反而有可能会升职。这样缺乏等级制度的文化让员工们能够畅所欲言，这一点在创立初创公司时是非常重要的。

Q：现在的自动驾驶领域风起云涌，竞争激烈，你认为哪家公司会赢？

A：我认为赢家不只一个。 读 懂 智 能 & 未 来
这样的科技公司，也有奔驰、通用这样的汽车公司。另一些公司与 Mobileye 这样的供应商进行合作，比如宝马。去年，宝马就和 Mobileye 进行了合作，一起打造 2021 年生产的自动驾驶汽车。

接来下，我们还会宣布与更多公司的合作。有了这样的合作，我们就能影响整个行业。所以，我觉得赢家不只一个。

你看看航空领域，会发现飞机的外观相差不大，各个航空公司也将近趋同。我认为自动驾驶最后的格局将和航空领域相似，大家一起共赢。

Q：您能谈谈特斯拉的自动驾驶技术吗？

A：首先，特斯拉的 Autopilot 系统是基于 Mobileye 的技术。特斯拉现在的自动驾驶技术还处在自动驾驶的 Level 2 水准，它叫做“半自动驾驶”。Level 2 的问题是我们必须告知驾驶员 Autopilot 系统的限制。驾驶员必须随时待命，在系统退出的时候随时接管。如果驾驶员放开方向盘，让车自己驾驶，那么将会面临问题。

一般来说，但是当我们谈论“自动驾驶”时，我们谈论的并不是第二等级，至少第三等级或以上。我们与奥迪合作开发 A8 车型便是 Level 3 级别的自动驾驶技术。

除此之外，我们还与日产、本田等汽车制造商合作开发第三等级技术。如果自动驾驶等级达到第三等级，那么在某些环境条件下，驾驶员可以完全放弃操控，交给自动驾驶系统进行操控。

如果系统需要驾驶员进行一些操作，驾驶员可偶尔对方向盘进行干预。驾驶员不需要全身关注看车外的情况。此等级特点就是，系统某些条件下完全负责整个车辆的操控了。

而 Level 4 更加高级，自动系统在某些环境和特定条件下，能够完成驾驶任务并监控驾驶环境，但在一些特定的环境中，它还不能完成任务。

但是，Level 5 可以解决这个问题，这一级别的自动驾驶系统能够覆盖所有情况，在所有条件下都能完成的所有驾驶任务，它是自动驾驶技术的最高等级。

Q：在自动驾驶汽车要做出决策时，是云端来做决定，还是车内装置来做决定？

A：自动驾驶汽车在做决策时，时间是非常关键的。

首先，我们不可能让云端来做决策，云端能做的是与地图、收集其他车辆数据、更新规划路线等相关的事情。它就像我们现在使用的地图，比如 Google 地图等等，不断收集环境中的数据，进行更新，然后来重新规划路线。



自动驾驶汽车要做决策需要的是人工智能，其能帮助处理很多问题，比如传感、收集并处理传感原始数据、像人类一样理解虚拟世界等等。人工智能还能为驾驶做规划和决策。在做所有这些决策时，时间是非常关键的。你没有时间向云端发送信息，然后等着它作出反馈。

现在，自动驾驶汽车车内一定会安装高性能计算机，搭载人工智能技术。因为自动驾驶汽车要做出决策，只有极短的时间，所以它必须自己在车内做出决策，而不经过云端。

全网唯一完整译文 | Waymo 无人车报告：通往自动驾驶之路

作者：新智驾 编辑：张驰

导语：Waymo 的这份报告不仅对自己八年开发的总结，也彰显了它对自己及新技术的信心。或许我们将迎来一个自动驾驶的新世界，这份报告则是一个起点。



前不久，Waymo（前 Google 自动驾驶项目）向美国交通部提交了一份 43 页的安全报告，这份报告详细说明了 Waymo 如何装备和训练自动驾驶车辆，从而避免驾驶中的一般和意外情况发生。这份告是 Waymo 以第一视角，对自己自动驾驶技术的最完整解读。

据雷锋网(公众号：雷锋网)了解，Waymo 可能最快今年 11 月上线自动驾驶打车服务。在自动驾驶走向商业化之际，Waymo 的这份报告不仅是对自己八年开发的总结，也彰显了它对自己及新技术的信心。或许我们将迎来一个自动驾驶的新世界，这份报告则是一个起点。

以下是 Waymo 报告完整中文版，由雷锋网作者张驰、李秀琴、张梦华、李天使、高宇、Brian Chan、陈浩、张丹丹、刘聪联合编译。

以下为报告全文：

自动驾驶汽车能够改善道路安全并给上百万提供新的移动出行方式。不管是上下班通勤、接送孩子上学还是挽救生命，全自动驾驶车辆都有着巨大的潜能——因为它能使人们的生活变得更好。

安全是 Waymo 的核心任务，这也是我们在八年前就成立谷歌自动驾驶项目的目标。

每年，全世界有 120 万生命死于交通事故。在美国，这种因事故死亡的数量还在增加。一个常见的现象是 94% 的交通事故都是由人为失误造成的。我们相信，Waymo 的技术每年可以拯救上千个在交通事故中失去的生命。

我们对安全的承诺反映在我们所做的每一件事情中，从谷歌的文化到如何设计和测试这项技术。在 Waymo 自动驾驶技术的安全报告里，我们详细阐述了 Waymo 的工作：安全。

这个关于安全系统的概论强调了 Waymo 自动驾驶汽车在 350 万英里实测所积累的数据里程，以及在上千万英里的模拟驾驶中所学到的重要经验和教训。

Waymo 的安全报告也影响了美国交通厅发布的联邦政策框架：《自动驾驶系统 2.0：安全驾驶的愿景》（*Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety*）。交通厅的框架列出了 12 点安全设计元素，并鼓励各公司测试并且部署各自的自动驾驶系统来解决相应的领域。



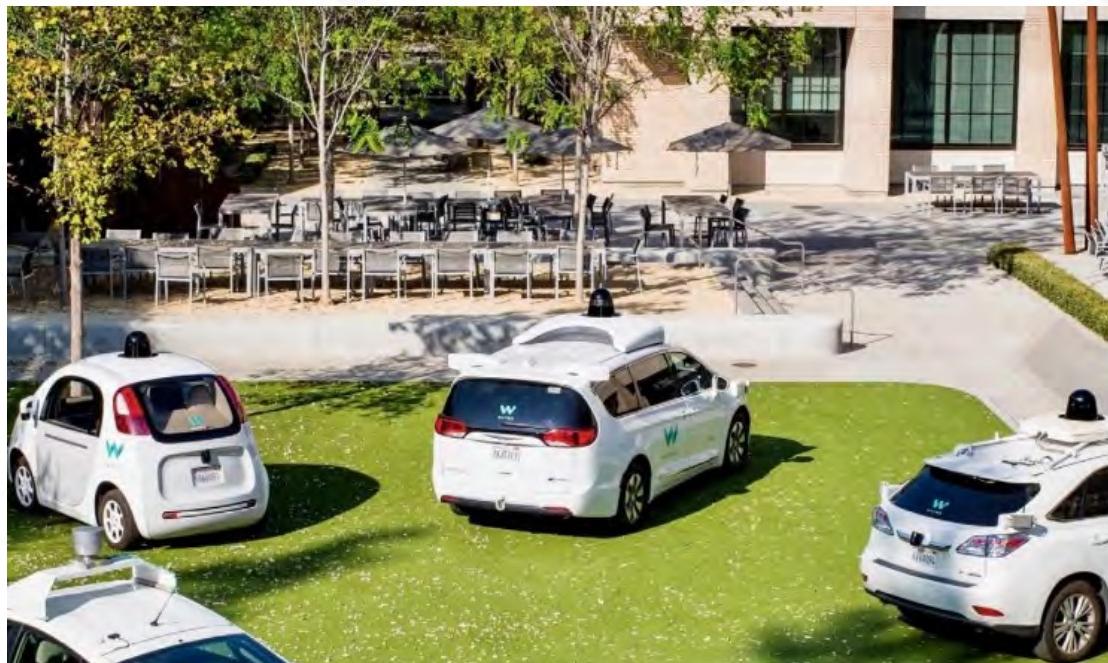
在这个报告中，我们将列出与每一个安全设计元素相关的流程以及他们是如何支撑整个自动驾驶车辆的研发、测试和部署的。

全自动驾驶汽车只有在安全的情况下才会被大众的所接受。这也是为什么我们一直以来都在研究安全课题。总而言之，我们的自动驾驶汽车将实现更安全的交通和更多样的机动性，以此来更好的服务广大民众的需求。

报告内容主要分为五部分：

- 一、系统安全程序：安全的设计

- 二、Waymo 的自动驾驶车辆如何运作
- 三、测试及验证方法：确保车辆安全有效
- 四、与人群安全互动
- 五、总结



一、Waymo 的系统安全程序—安全设计

作为第一家在公共道路上完成自动驾驶的公司，Waymo 一切都得自己来。

在 Waymo 成立之初，我们建立了自己的系统安全计划，这一安全理念一直根植在我们的技术测试和开发流程中。这个项目是一个全面并且稳健的，我们称之为：安全设计。

安全设计意味着我们从地面上考虑安全性，并将安全性纳入每一个系统层级和每一个开发阶段，从设计到测试和验证。这是一个多管齐下的方法，建立在包括航空航天，汽车最佳实践和防御系统等多个行业中。

根据这些实践，我们对自动驾驶车辆的各个部件进行了强有力地测试，以确保所有子系统作为完整的自驱动系统集成时，能够安全地运行。

这个方法还可以帮助我们验证车辆是否作为全自动驾驶汽车安全地行驶在道路上。同时我们还可以了解系统部件、子系统或其他方面的任何变化或故障，以及在整个自动驾驶系统中所引起的变化。



这个过程激发了 Waymo 许多关键安全功能的产生，包括冗余的关键安全系统，使车辆在技术故障时安全停止，随着多传感器的使用和广泛开展的测试程序，以使我们进行快速的技术改进。

Waymo 的系统安全解决方案

我们的系统安全计划涉及 5 个不同的安全领域：行为安全、功能安全、碰撞安全、操作安全和非碰撞安全。每一个领域都需要各种测试方法的组合，这些测试方法可以让我们验证全自动驾驶汽车的安全性。

行为安全

行为安全是指车辆在道路上的行驶决策和行为。正如人类驾驶员，自动驾驶车辆也要遵守交通规则，必须在各种情况下安全地导航——无论是预料中的还是意外的。

Waymo 运用功能分析、仿真工具和道路驾驶，以充分了解在我们的业务设计领域提出的挑战，并制定安全要求和多管齐下的测试和验证过程。

功能安全

功能安全旨在确保我们的车辆安全运行，即使有系统缺陷或故障。这意味着要建立备份系统和冗余机制来处理意外情况。

例如，我们所有的自动驾驶车辆都配备了第二台计算机——在主计算机出现故障时可立刻接管车辆，使车辆安全停车（即最小风险条件）。我们的每一辆车都有备用转向和制动，整个系统还有其他许多冗余功能。

碰撞安全性

碰撞安全性，即耐撞性，是指车辆通过各种措施保护车内乘客的能力，从保护车内人员的结构设计到具有座椅约束和安全气囊的功能，以减轻伤害或防止死亡。

碰撞安全性是由美国联邦机动车辆安全标准（FMVSS）定义的，由美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）发布。汽车厂商必须证明他们的基础车模型满足 FMVSS 要求。

操作安全

操作安全是指我们的车辆和乘客之间的互动。有了操作上的安全，我们可以确保消费者在自动驾驶车辆中拥有安全舒适的体验。

我们建立安全产品的方法是通过危险分析、现有安全标准、广泛测试和各种行业的最佳实践而得知的。例如，通过我们早期的乘坐项目（在 4 节中进一步介绍），我们已经开发和测试了一种能使乘客可以清楚地表明目的地，指挥车辆靠边停车，并联系 Waymo 的用户界面。

非碰撞安全

我们针对可能与车辆相互作用的人群进行物理上的安全处理。例如，电子系统或传感器的危害，可能会对乘员、车辆技术人员、驾驶员、急救人员或旁观者造成伤害。

安全流程

为了减少潜在的内部风险，必须在设计中强调安全性，然后进行验证以证明安全风险已降低到可以确定的水平。

我们的方法从识别危险场景和潜在风险的缓解措施开始。这些措施可以采取多种形式，如软件或硬件的要求、设计建议、程序控制或额外的分析建议。

我们使用各种风险评估方法，如预先危险性分析、故障树，设计失效模式及后果分析（DFMEA）。这个连续过程与正在进行的工程和测试活动以及安全工程分析密切相关。

风险分析过程有助于我们识别自动驾驶系统的体系结构、子系统和组件的需求。这些安全要求是从一系列子系统和系统分析技术、各种系统工程过程以及联邦和州的法律法规中发展起来的。分析还支持 Waymo 的行为安全测试需求发展，以及系统如何检测和处理故障。



Waymo 在公共道路、闭合环、以及模拟驾驶环境上都进行了广泛的测试。我们使用从这次测试中收集到的信息，以及对国家碰撞数据和自然驾驶的研究，为潜在危险提供更多的分析。

来自这些工具的组合在 Waymo 对系统准备就绪的理解中起着重要作用。基于这一认识，我们能够全面分析和评估系统安全性，然后才可以在公共道路上进行全自动驾驶操作。



二、Waymo 自动驾驶汽车是如何工作的？

自动驾驶系统

与现在汽车采用的技术不同，如自适应巡航控制或者车道保持系统，需要驾驶员不断监控。Waymo 自动驾驶系统的开发则基于无人参与。Waymo 的自动驾驶系统包含软硬件，当集成到汽车中，就能执行所有的驾驶功能。

用自动驾驶的行话来说，Waymo 的自动驾驶系统在特定地理区域和特定条件下，可以完成整个动态驾驶任务，人类驾驶员不需要提供操作。

这种技术在国际汽车工程师学会（SAE International）的定义上来看，属于自动驾驶系统的 Level 4 级别，即在任何系统故障事件

中，我们的技术可以为车辆提供安全制停的能力，实现最小的安全风险。

与 Level 1、Level 2、Level 3 这些较低级别的自动驾驶系统不同，Level 4 级别可在任何系统故障的情况下，给车辆安全制停的能力，而无需人类驾驶员接管。

全自动驾驶：让人类一直保持“乘客”身份

高级驾驶员辅助技术是 Waymo 团队探索的首批技术。2012 年，我们开发并测试了 Level 3 自动驾驶系统，该系统可以让车辆在单车道的高速公路上实现自动驾驶，但过程仍然需要人类司机的接管。在内部测试中，我们还发现人类过于依赖这项技术，而没有仔细监控路况。

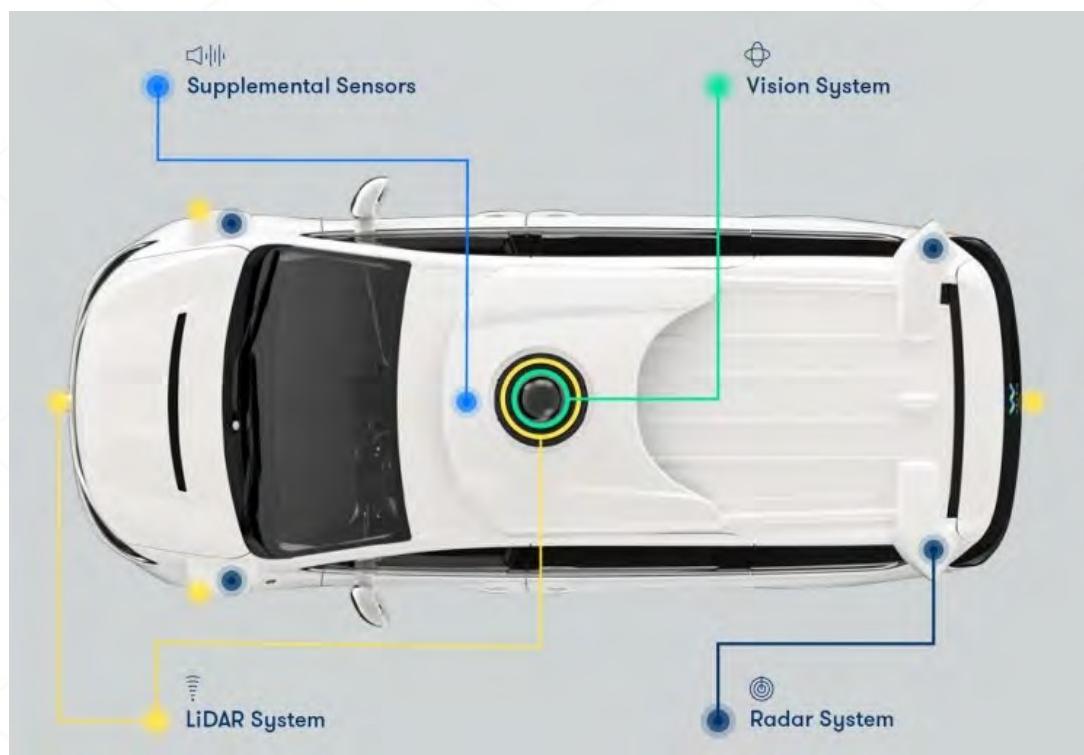
当驾驶员辅助技术变得更加先进时，人类经常被要求在几秒钟内由「乘客」转向「司机」，但在更具挑战性或更复杂的情况下，这些场景用得很少。车辆承担的任务越多，这一过渡阶段就越来越复杂。

避免这个转接过程带来的问题，也是 Waymo 正在开发全自动驾驶汽车的部分原因。我们的技术将关注所有驾驶，让人类在车内保持「乘客」身份。

目标和事件检测响应：车辆传感器

为了满足自动驾驶的复杂需求，Waymo 开发了一系列传感器，让自动驾驶汽车无论是在白天还是夜晚，都能实行 360°监控，且视野面积可达 3 个足球场那么大。

这种多层传感器套件可以无缝协同工作，绘制出整个视野的 3D 图像，并显示动态和静态物体，包括行人、自行车、来往车辆、交通指示灯、建筑物和其他道路特征。



LiDAR（激光雷达）系统

LiDAR（光检测和测距）的日夜工作，可在每秒内输出数百万个 360°的激光脉冲，测量反射到表面并返回车辆所需的时间。

Waymo 的系统包括内部开发的三种类型激光雷达：短程激光雷达可以让车辆持续不断地观察和监控；高分辨率的中程激光雷达；新一代功能强大的长距离激光雷达，视线面积可达三个足球场。

视觉（照相机）系统

我们的视觉系统包括，用于观察世界的照相机，该相机可像人类一样观察世界，同时具有 360° 视野，而人类只有 120° 视野。由于 Waymo 的高分辨率视觉系统能检测到色彩，它可以帮助系统发现交通指示灯、施工区、校车和应急车辆的灰灯。Waymo 的视觉系统由多套高分辨率相机组成，以便在长距离、日光和低亮度的情况下也能很好的工作。



雷达系统

一般而言，雷达使用波长来感知物体和运动。这些波长能够在诸如雨滴等物体的周围进行传播，从而可以让雷达在雨、雾、雪天气中都发挥效果。Waymo 的雷达系统具有连续的 360° 视野，可以跟踪车辆的前后方和两侧过路车辆的行驶速度。

补充传感器

Waymo 还有一些额外的传感器，包括音频检测系统，该系统可以听到数百英尺远的警车和紧急车辆发出的警报声，以及 GPS，它可以补充车辆对其地理位置的了解。

Waymo 自动驾驶软件

自动驾驶软件就是车辆的「大脑」。它让来自传感器的信息变得有意义，这个「大脑」还能利用这些信息帮助车辆做出最佳驾驶决策。

Waymo 已经花了八年的时间来打造和完善这些软件，并在其中使用了机器学习和其他先进工程技术。经过多年的精心设计和测试，Waymo 已经收获了数十亿英里的模拟驾驶，以及超过 350 万英里的道路驾驶经验。

同时，我们的系统还对这个世界拥有很深的语境理解，这也是区分 Level 4 自动驾驶技术的关键部分。



Waymo 的自动驾驶软件，不只是检测其他物体的存在，还要真正理解这个物体是什么，它可能做出哪些举止，以及如何影响我们的车辆在路上的行为。这就是 Waymo 的车辆如何在全自动模式下实现安全驾驶。

鉴于我们的软件由不同部分组成，在这里 Waymo 将详细介绍三个重要组件：感知、行为预测和规划。

感知

感知是 Waymo 软件用于检测和分类道路对象的一部分，同时还可用于估算速度、航向和加速度。我们的自动驾驶软件可以从 Waymo 的传感器获取无数细节，并将它们变成一个实时视图。

感知有助于车辆区分行人、骑自行车者、摩托车手、车辆和其他物体等等。它也能区分诸如传输信号之类的静态物体的颜色。对于这些物体，感知能让我们的系统在语义上了解周围车辆的情况——无论交通灯是绿色的，车辆是否亮起，车道是否被阻挡，都能知晓。

行为预测

通过行为预测，我们的软件可以对道路的每个对象的意图进行建模、预测和理解。由于 Waymo 已经拥有数百万英里的驾驶里程经验，在面对不同的道路对象可能做出的行为时，我们的车辆已经构建了高精准度的模型。

例如，我们的软件了解到，行人、骑自行车者、摩托车手可能看起来相似，但在行为上则有很大差异。行人可能比骑自行车者、摩托车手速度都要慢，但都有可能突然转向。

规划

我们的规划软件会考虑到从感知和行为预测两个程序中收集到的所有信息，并为车辆绘制好路径。依据我们的经验，最好的司机往往

是防御型的司机。这也是为什么我们会训练防御型驾驶行为。比如远离其他司机的盲点区域，给骑自行车者和行人留出额外的空间。

Waymo 的规划软件会优先考虑这几步。例如，如果自动驾驶软件认为前面的车道由于施工而关闭，并预测车道上的自行车会移动，那么规划软件可以做出决定，以便提前给骑自行车者减速或腾出空间。

依据道路经验，我们还完善了驾驶体验，以确保车辆中的乘客在路上是平稳而舒适的。对于其他道路使用者来说，也是自然和可预测的。



设计运行范围：确保车辆在特定条件下可安全运行

设计运行范围 (operational design domain, 简称 ODD) , 是指自动驾驶系统可以安全运行的条件。Waymo 的范围就包括地理位置、道路类型、速度范围、天气、时间、国家和地方性交通法律法规。

事实上，自动驾驶的 ODD 可能是非常有限的。例如，白天的温带气候条件下的一条低速公共街道或私人场地（如商业园区）的单程固定路线。然而，Waymo 的目标在于可以在广泛的地理区域内、在各种条件下导航城市街道。我们的车辆已经具备在恶劣天气下驾驶的能力，如中雨，白天和夜间都能正常工作。

Waymo 的系统也被设计为不能在未经批准的设计运行范围之外运行。例如，乘客不能选择我们认可的地理位置之外的目的地，我们的软件不会创建在「地理围栏」区域以外的路线。

类似地，我们的车辆也被设计为自动检测可能会影响其 ODD 以内的安全驾驶的突然变化，例如，暴风雪天气，以让车辆及时安全制动（即达到最小风险条件）直至行驶条件得以改善。

Waymo 的车辆还需遵守其地理区域范围内的联邦、州政府和当地的法律。经法律要求，这些要求中的任何变化，都被视为我们系统中的安全要求，包括相关的速度限制、交通指示和信号。

在我们的车辆驶入新区域之前，我们的团队会逐一了解任何独特的道路规则或驾驶习惯，以及时更新软件，并让车辆能够安全做出响

应。例如，加利福尼亚和德克萨斯州，就自行车道上如何进行右转弯则有不同规则。

与此同时，Waymo 的 ODD 还将不断发展。我们的最终目标是开发完全自动驾驶技术，从而可以让人类在任何时间、任何地点，任何情况下都能自由的从 A 地到往 B 地。

随着我们系统功能的不断增长和验证，我们还将不断扩大设计运行范围，将我们的技术带给更多的人。

最小风险状况：确保车辆能够过渡到安全停止状态

对于低等级自动驾驶水平的车辆，当道路环境过于复杂，超出车辆处理能力或车辆本身出现故障时，读需要由人类驾驶员执行对车辆的控制。

作为全自动驾驶汽车，Waymo 的技术必须要具备足够的鲁棒性以能够独自处理这些状况的能力。

如果我们的自动驾驶车辆不能继续一段计划中的行程，它必须有能力进行安全停止，即被称作“最小风险状态”或“回退”。

这可能包括以下情况：自动驾驶系统感知到故障、车辆发生碰撞、环境条件的改变，导致在设计运行环境内可能影响驾驶安全等。

Waymo 的系统被设计为自动检测每一个上述场景。除此之外，我们的系统每秒钟运行上千次，检查系统，并发现系统错误。同时 Waymo 系统配备了一系列对关键系统（如传感器系统、计算系统和制动系统）的冗余设计。

我们的车辆响应随以下因素的不同而有所区别，包括：道路类型、目前交通状况、技术故障严重程度等。根据这些因素，系统将确定一个适当的响应动作以保证车辆和乘客的安全，包括靠边停车或安全停止。

车辆冗余-安全至上的自动驾驶系统

备用计算系统



备用计算系统总是在后台运行，目的是当它检测到主计算系统故障时，控制车辆执行安全停止。

备用制动系统

如果主制动系统出现故障，我们有一个完整的备用制动系统能够立即生效。当故障发生时，主制动系统、备用制动系统均可以让车辆执行安全停止。

备用转向系统

备用转向系统有独立的控制器和独立的电源供应，以执行冗余的转向可控制。对主转向系统、备用转向系统，其中之一发生故障时，另一个均能够执行车辆的转向操作。

备用电源系统

对于每个关键的驱动系统提供两个独立的电源供应。这些独立的电源供应确保了我们车辆的关键驱动组件在发生单电源故障或电路中断时仍然可用。

备用碰撞检测和碰撞规避系统

多个碰撞检测和碰撞规避系统能够不间断的扫描车辆前后的物体，包括行人、自行车和其它车辆。在极少数情况下，当主系统对行驶路径中的物体没有检测到或没有响应时，这些备用系统能够控制车辆减速或停止。

冗余的惯性测量系统：对进行车辆定位

冗余的惯性测量系统能够帮助车辆准确地追踪它的行驶轨迹。主惯性测量系统、冗余惯性测量系统相互反复核对，并在其中一个系统检测到故障时由另一个系统执行车辆定位。

数据记录和事故后的行为

Waymo 自动驾驶技术永远不会停止进步。Waymo 有一个强大系统来收集和分析现有上路车辆所产生的数据。对从一辆车中学习到的任何有用经验，我们会同时体现在整个车队中。

Waymo 的系统能够检测到碰撞的发生，并将自动通知 Waymo 后台运营中心，在那里我们训练有素的专家可以启动碰撞后响应程序，包括与执法人员和急救人员进行沟通，并派人员到现场。我们的运营中心也有乘客支持专家，他们可以通过车载音响系统直接与乘客沟通。

在碰撞发生后，我们可以分析所有可用的数据，包括视频和其他传感器数据，以评估可能导致这一事故的原因。同时，我们可以做出任何适当的软件更改，并相应地升级车队中每辆车。任何影响车辆安全的隐患都会被修复，同时在车辆升级前我们会进行安全测试。

自动驾驶车辆的网络安全

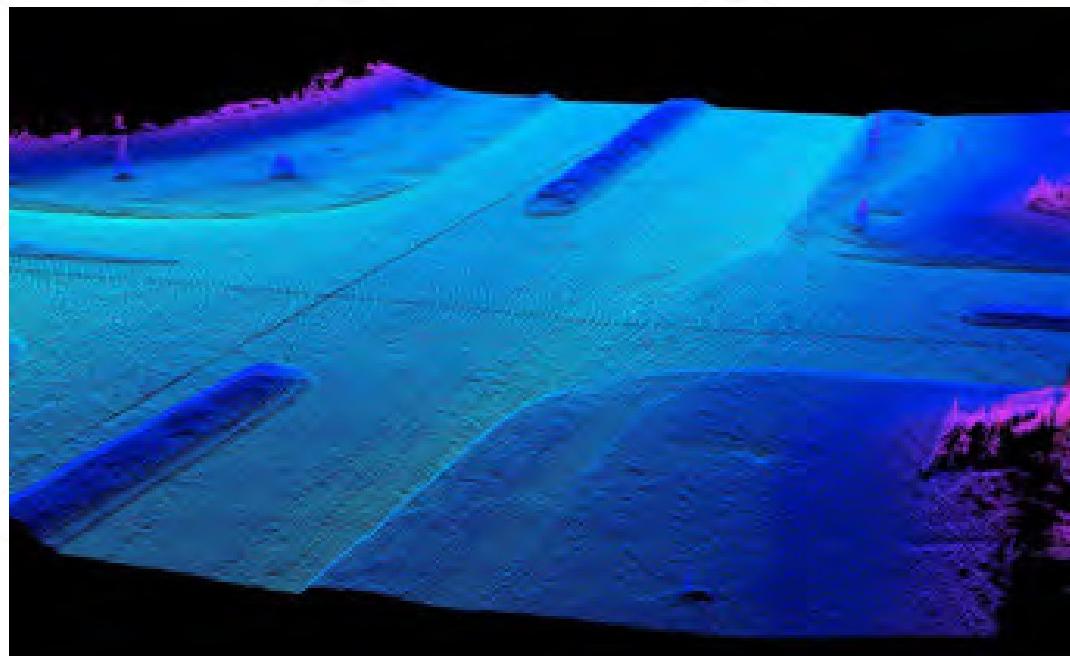
Waymo 已经开发了一个健全的识别、划分优先级并降低网络安全威胁的流程。我们的安全实践是建立在谷歌的安全流程基础之上，遵循 NHTSA 及 Auto-ISAC 发布的指导策略。

为了进一步提升网络安全性，Waymo 还加入了 Auto-ISAC，这是一项旨在加强全球汽车行业网络安全意识和协作的行业行动计划。

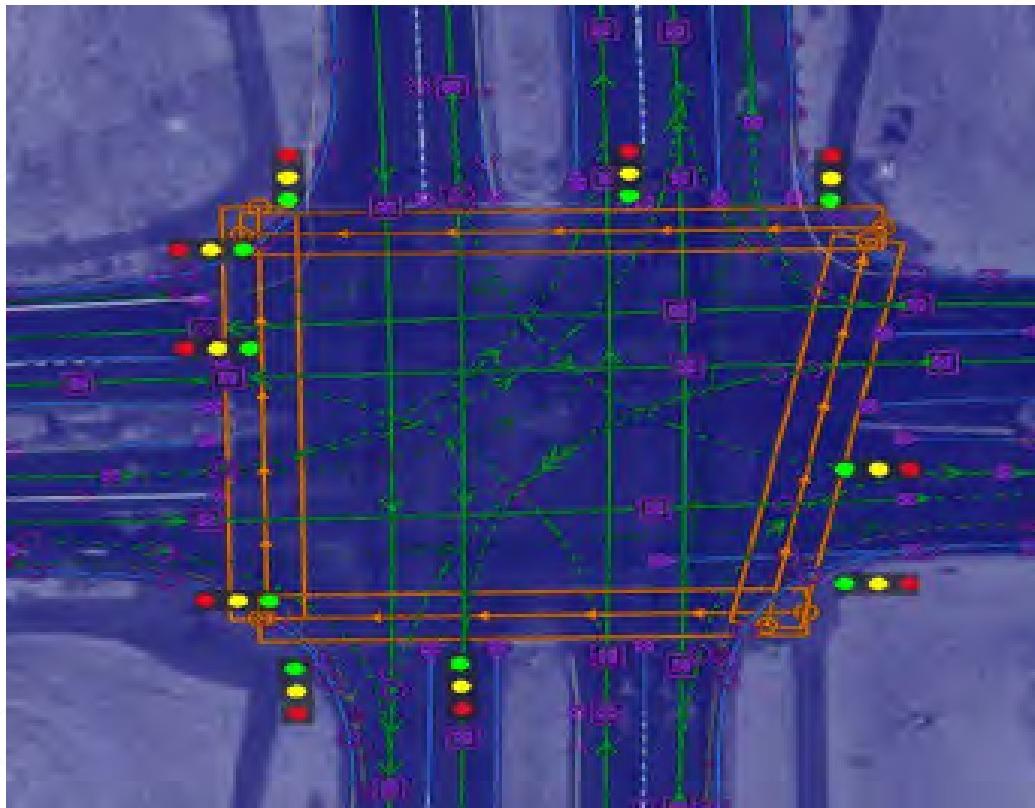
如何建立自动驾驶车使用的地图

在自动驾驶车辆上路前，我们的地图团队会首先使用测试车辆的传感器来创建高度详细的 3D 地图。这些地图不同于基本的卫星图像或在线地图。

相反，Waymo 的地图给汽车提供了对于物理环境的深刻理解：道路类型、道路的距离、尺寸和其他地貌特征。



我们使用这些数据并添加凸显的信息，包括交通控制信息，如人行横道的长度、红绿灯的位置、相关标识等。



通过安装在车上的地图，Waymo 的系统会重点关注环境动态变化的部分，如其他道路使用者。我们的系统交叉引用实时传感器数据和车载 3D 地图以检测道路变化。

如果一个道路的变化被检测（如前方发生碰撞导致一个十字路口拥堵），我们的汽车可以在设计运行环境内对路径进行重新规划，并通知后台运营中心，让其他车辆可以避免在该地区行驶。

在这种情况下，地图不仅作为参考点添加到我们的软件，同时也向系统提供重要的信息反馈。这些详细的自定义地图提供了对每个行驶位置的全面的理解。再加上我们对于系统的深入了解，Waymo 能够确保车辆只在设计运行环境内使用。

Waymo 实现安全的方法

- 1. 构建可验证的软件和系统
- 2. 对通信进行加密和验证
- 3. 为关键系统构建冗余的安全措施
- 4. 限制关键系统之间的通信
- 5. 提供及时的软件更新
- 6. 对安全威胁建模并优先考虑

我们从实体车辆的内部和外部对自动驾驶系统的所有潜在安全访问点进行了全面审查，并采取措施限制这些接入点的数量和功能。

这首先要与我们的汽车厂商合作伙伴合作，以确定和减轻基础车辆的漏洞。我们在软件设计和汽车设计过程中充分考虑已知的威胁，以确保我们的系统和车辆设计能够对抗这些威胁。

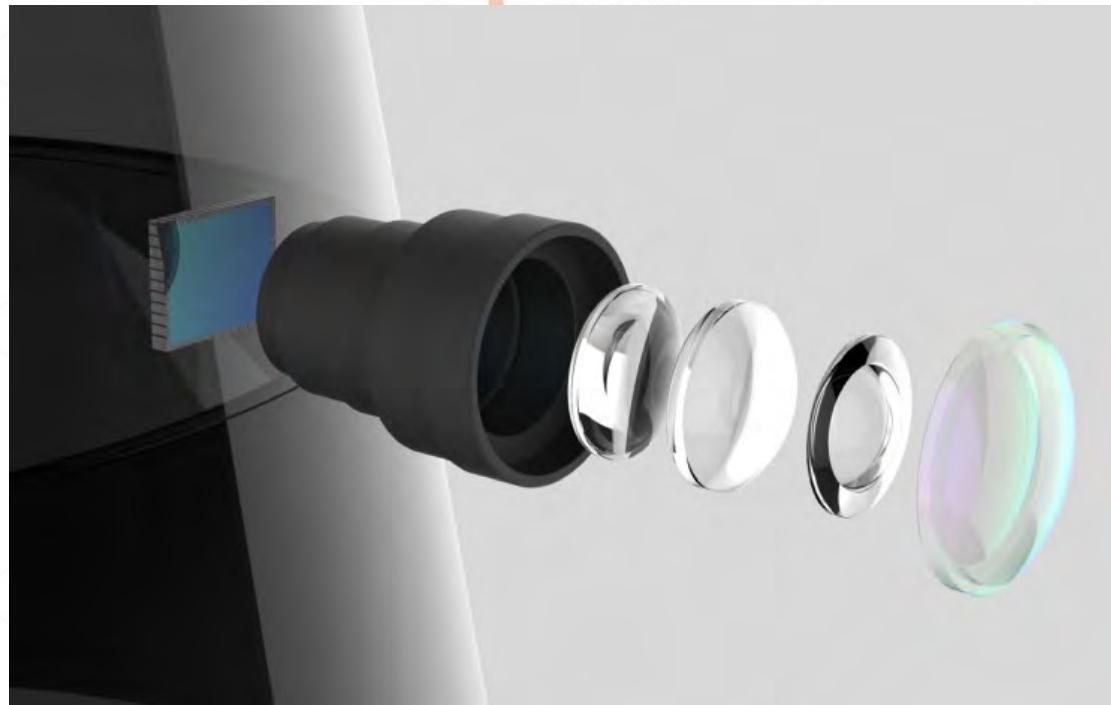
新软件版本需通过同行评审和验证过程。我们的风险分析和风险评估过程旨在识别和降低这些风险，包括那些与网络安全有关的风险。在 Waymo 的设计中，安全性至关重要，如转向、制动、控制器与外界通信隔离。

我们同时也考虑无线通信的安全。Waymo 的车辆不依赖于一个固定的连接来保持安全性。在路上行驶时,所有的车辆和 Waymo 的通信(如:冗余的连接)会加密,包括那些 Waymo 运营支持人员和乘客的通信。车辆可以同我们的运营中心通信以收集更多的路况信息,而同时我们的车辆在实时执行驾驶任务。

这些保护措施有助于防止那些对自动驾驶汽车有物理访问权限的人,包括乘客和附近的恶意者。我们有不同的机制来观察异常行为和内部机制来分析这些事件。

如果我们意识到有人试图破坏车辆安全性,Waymo 将会触发公司级别的事件响应程序,包括评估、遏制、恢复和补救。

雷锋网



三、测试及验证方法：确保车辆的性能与安全

Waymo 的技术经过了广泛测试，包括公开道路，封闭道路和模拟等，这使得系统的每个部分在运行时都有效，可靠和安全。

Waymo 自动驾驶汽车由三个主要子系统组成，它们都经过了严格的测试：

- 车辆本身，由 OEM 认证；
- 内部硬件，包括传感器和计算机；
- 自动驾驶软件，用于做出驾驶决策。

上述子系统组合成全自动驾驶车辆，然后作进一步测试和验证。对硬件和软件进行整体测试，可以确保自动驾驶车辆符合我们为系统设定的所有安全要求。

车辆安全

Waymo 目前的自动驾驶汽车，是由 2017 年款的克莱斯勒 Pacifica 混合动力 Minivan 改装的，加入了自动驾驶系统。这些改装的车辆通过了菲亚特克莱斯勒（FCA）的认证，符合所有适用的联邦机动车辆安全标准（FMVSS）。

自动驾驶硬件测试

在 FCA 和 Waymo 的技术合作中，Waymo 的自动驾驶系统（包括传感器和硬件）与 FCA 提供的改装的 Pacifica Minivan 进行了整合。

为了保证两者整合的效果，Waymo 在 FCA 的测试的基础上，还进行了数千次额外测试。这些测试包括了私人测试场景，实验室和模拟等情景，可以评估车辆的每个安全功能，比如制动器、转向，以及锁、前灯和门等物理控制。

通过测试，我们可以确保车辆在手动模式，自动驾驶模式（有测试司机在方向盘后）和全自动驾驶模式（车辆中没有人）的安全。总的来说，测试的目的是保证加入自动驾驶系统后车辆能安全运行。



自动驾驶软件测试

与硬件一样，自动驾驶软件也遵循“安全设计（Safety by Design）”的原则。Waymo 严格测试了软件的各个组件，包括感知、行为预测和规划以及整体软件。

我们的技术会不断学习和提高。软件的每一次更新都经历了严格发布过程。每个更新都会经过模拟测试，封闭路段测试和公共道路测试。

模拟测试

在模拟中，我们会严格测试任何修改和更新，然后再部署到车辆中。我们还找出了车辆在公共道路上遇到的最具挑战性的情况，并将其数字化为虚拟场景，供自动驾驶软件在模拟中练习。

封闭路段测试

新软件会首先推送到少数几辆车，以便有经验的驾驶员在私人场地中测试。我们可以在不同的车辆上使用不同版本的软件，从而测试新的或特定的功能。

现实世界测试

一旦确认软件如预期一样良好，我们就开始在公共道路上测试。开始会很小心，在自动驾驶车可以安全且持续按预定路线行驶后，才会将软件更新推送到整个车队。在公共道路上行驶的距离越多，就越能监控和评估软件的性能。

随着驾驶里程的增长，我们会进一步完善驾驶体验和更新软件。这种持续的反馈过程使我们对系统建立了信心，也让车辆能达到 SAE Level 4 级的自动驾驶水平。

模拟器：虚拟世界帮助车辆学习高级的现实世界驾驶技巧

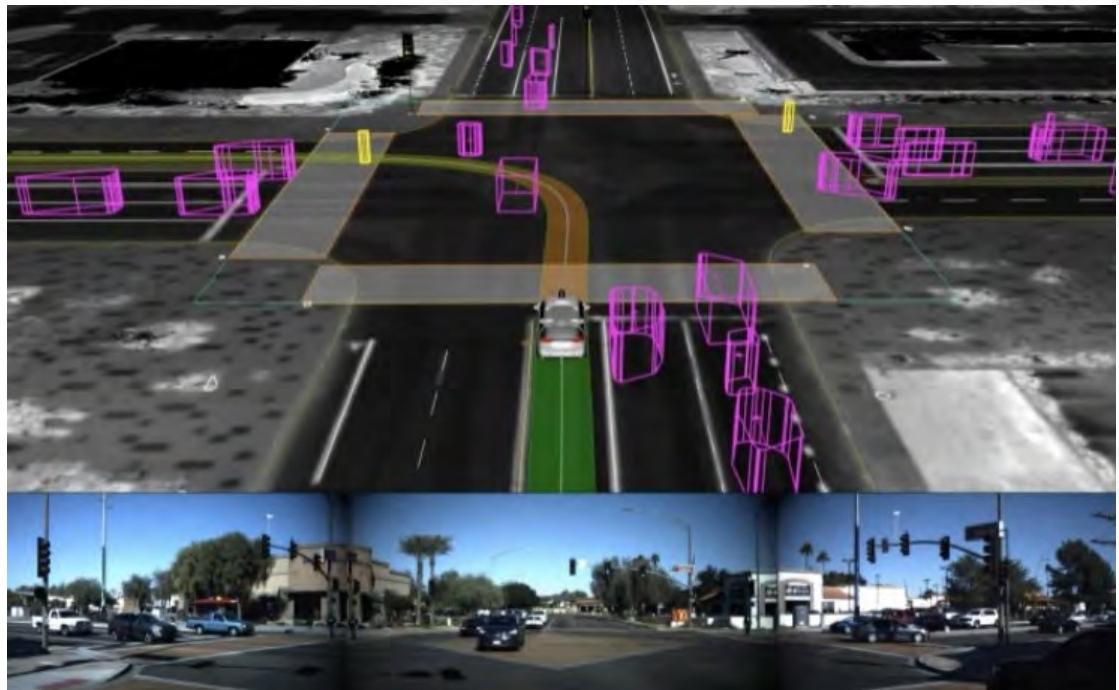
Waymo 的模拟器可以在每个新软件版本里回放我们在真实世界里驾驶的数据，还可以针对我们的软件构建全新的现实虚拟场景进行测试。

每天有多达 25000 辆虚拟的 Waymo 无人车在模拟器中驾驶高达八百万英里的里程，来巩固已有的技能和测试新商务技能，从而帮助车辆安全地在现实世界中驾驶。

举个例子：有一个左转黄灯在亚利桑那州梅萨的南隆摩街和西南大街的拐角处闪着。这种类型的路口对于人类和无人车来说都是棘手的，因为司机在进入五个方向的路口后，要在车流里找到缝隙通过。过早左转可能会造成危险，太晚转弯可能会阻碍交通。

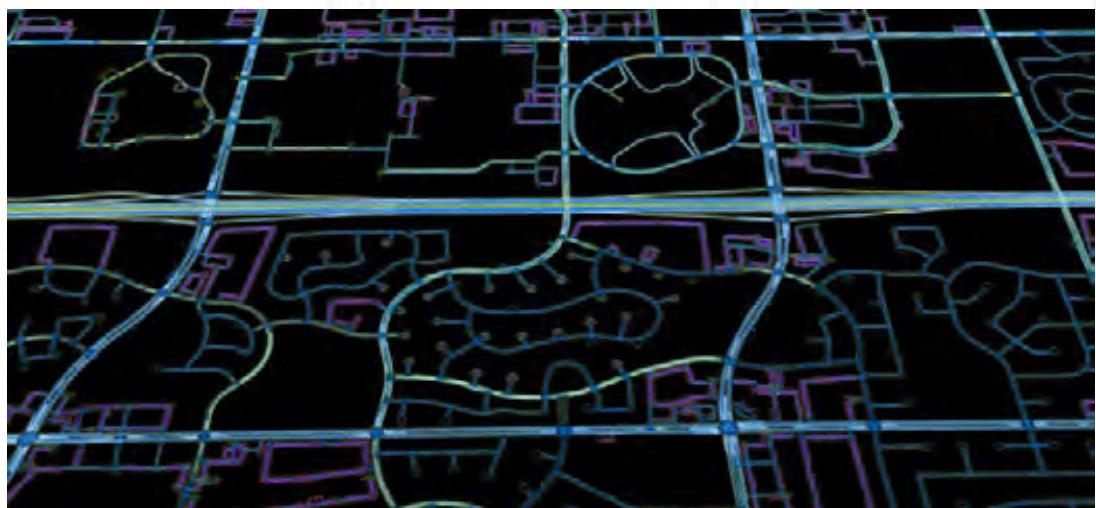


模拟器能够让我们有很多次机会练习这种单一情况来精通一个技能。



模拟器如何工作

第一步：从视觉世界开始

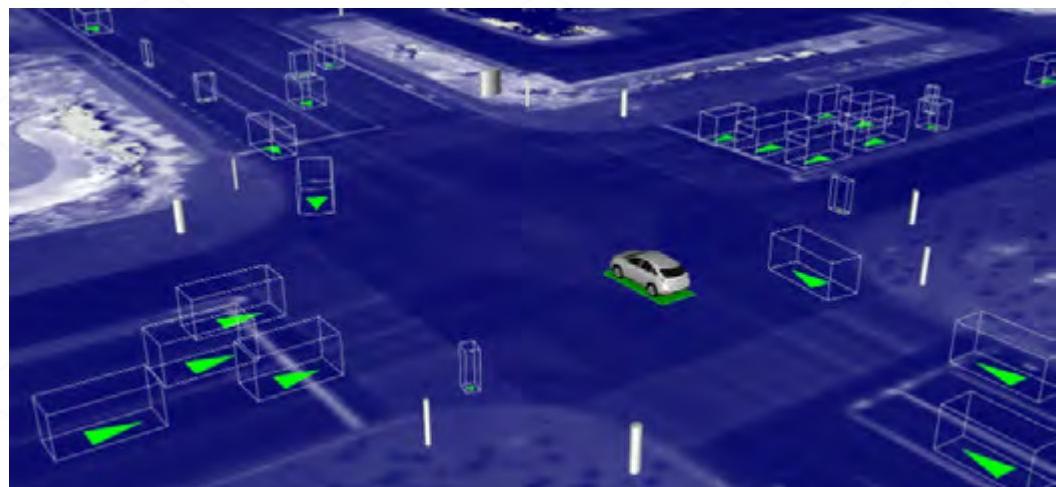


我们可以重建一个非常详细的虚拟现实版本东部山谷

我们用强大的定制传感器套件构建了具有相同的尺寸、车道线、路肩和交通信号灯的虚拟路口。

在模拟器中，我们可以专注于最具挑战性的路口而不是单一的高速公路，比如闪着黄灯的左转路口、犯错的司机和不按规则出牌的自行车。

第二步：驾驶、驾驶、驾驶

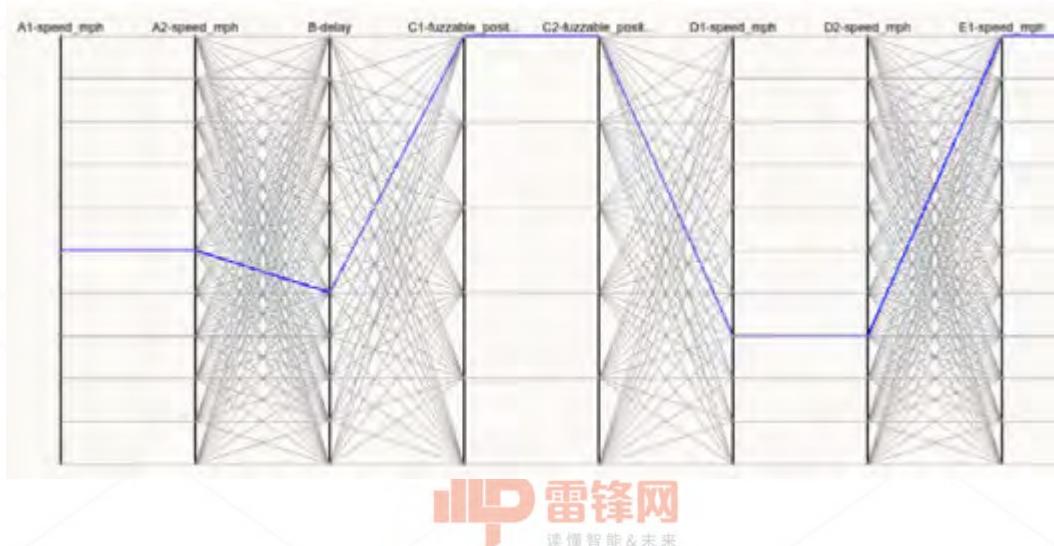


在模拟器里，我们可以让车队中不同的车辆在相同的驾驶条件下通过同一个路口很多次。如上图，我们正在模拟自动驾驶汽车通过的一个路口。

随着这个闪黄色的左转路口在虚拟世界中被数字化，我们的软件可以练习这个场景数千次。每当我们更新软件时，我们都可以在各种驾驶条件下测试软件对同一路口的改变。

这就是为什么我们能够在闪黄灯的路口自然地向前挪动车辆，并插入到复杂的车流中。此外，在模拟中我们可以在遇到的每个闪黄灯的路口练习这个新技能，以便更快地迭代这个软件。

第三步：创造大量的变化

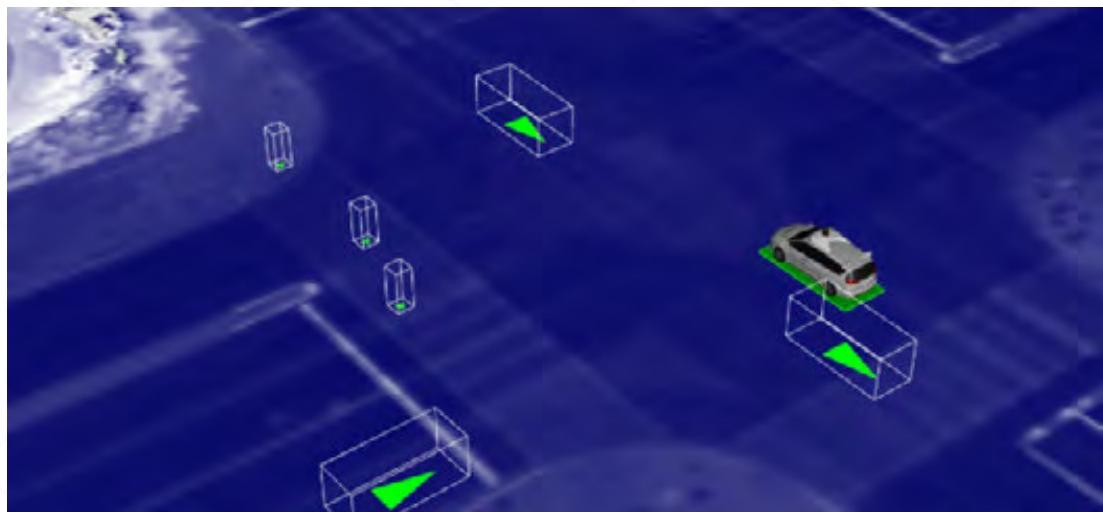


通过“模糊”过程我们可以改变这些虚拟街道上各种物体的速度、轨迹和位置

接下来，我们可以通过这个棘手的左转来探索无数种可能性。

通过一个叫“模糊”的过程，我们改变车流的速度和交通信号灯的时间，以确保无人车仍然可以找到安全的车距。通过添加模拟行人、摩托车变道甚至慢跑者过马路，现场可以变得更繁忙和更复杂，看他们如何影响我们的无人车。

第四步：验证和迭代



为了使场景更加复杂，我们可以添加原场景不存在的车辆、行人和骑自行车的人

如今，我们的无人车已经学会了如何自信地在闪着黄灯的路口左转。



这个新技能成为了我们永久知识库的一部分，与车队中的每一辆车共享。反过来，我们将使用现实世界的驾驶和我们自己封闭式测试场地来验证模拟器里的经验，然后循环又从第一步开始。

正常驾驶的行为能力

完全自动驾驶的车辆必须能够处理在同一业务设计领域内所有人类驾驶员所期望的日常驾驶任务。

这意味着自动驾驶系统需要证明他们具有足够的技能，或者说“行为能力”，这对预期的地点和操作条件是必需的。

美国运输部 (DOT) 已经建议, Level 3, Level 4 和 Levle 5 级 (SAE) 自动驾驶应该能够证明至少 28 项核心竞争力, 易满足加州合作伙伴先进交通技术研究所 (PATH) 在加州大学伯克利分校交通运输研究院的研究成果。 DOT 还鼓励公司“在考慮所有已知行为能力下, 对自动驾驶系统的设计, 测试和验证”。

Waymo 的安全计划则在广度和深度上扩展了 28 项核心竞争力, 我们在复杂性方面测试了大量的场景变化, 确保我们的系统能够安全地处理现实环境的挑战。 另外, 我们已经确定了更多的类别来扩展最初的 28 个核心竞争力。

对于每个能力, Waymo 团队在封闭场景和模拟器上创建了各种各样的单项测试。例如, 为了测试 Waymo 的左转能力, 我们搭建了数十个现实生活中的情形, 并测试我们的车辆能否适当地作出反应。我们把有挑战性的变量带进普通道路练习, 包括多条线路的车流、用大卡车挡住车辆的视野等。

我们在每一种场景中还使用模拟器来创建数百种不同的变化。通过虚拟测试, 我们还可以创建辆左转的全新场景, 以便我们进一步测试此技能。

随着我们扩展业务设计领域, 核心竞争力的数量可能会增加 (例如在北美地区开展业务, 我们的系统必须能够安全地在雪中行驶) ,

并且每个类别中的测试数量可能会扩大以包含更多复杂独特的场景。

虽然这种情景测试可以展示我们软件的核心驾驶技巧，但这些能力需要转化到现实世界。所以这只是一个起点，接下来我们的需要把模拟验证的结果用来测试我们车辆的硬件和软件，然后进行软硬件无缝整合，以便它在公共的道路上驾驶，在现实交通状况下展现Waymo自动驾驶汽车的能力。

在封闭设施进行现场测试

Waymo 在加利福尼亚州专门为测试需求而设计和建造了一个占地 91 英亩的私有封闭式测试设施。 雷锋网
读 懂 智 能 & 未 来

这个绰号为“城堡”的私有设施就像一个模拟城市，包括从高速公路、郊区车道到铁路道口。我们的团队使用这些设施来验证新软件，然后再将其更新到我们在道路上的车队。

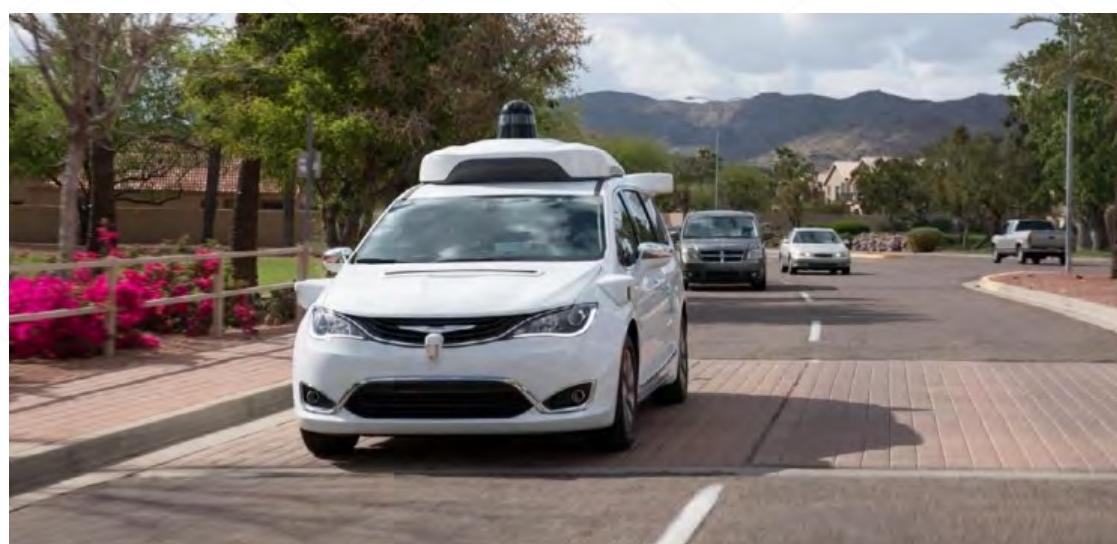
我们还可以在这些场地创造出有挑战性或罕见的路况，以便我们的车辆获得在特殊情况下的经验。

我们能够在封闭道路中进行数千个“结构化测试”，重新创建用于学习和测试的特定场景。为了帮助我们的模拟器获得素材，我们在 Castle 设置了超过 20000 个模拟场景。

每个场景都重新创造了一个我们想要练习的驾驶状况，比如一个心急的驾驶员快速变道，或者一个突然从停在路边的汽车上下车的人，这可能在公共道路上很久才能见一次。

我们已经重现了人们从路边的帐篷或移动厕所里走出来，玩滑板的人躺在他们的滑板上，并在传感器前扔了一堆纸等情况。

这种“结构化测试”是加速技术进步和确保车辆在日常驾驶和具有挑战性的驾驶状况下的安全性的关键。



完整的自动驾驶汽车测试

测试完底层车辆、自动驾驶系统和软件之后，我们测试了整体的自动驾驶汽车，包括封闭道路上的防撞测试，可靠性和耐久性测试，以及测试驾驶员坐在方向盘后面的道路测试。

公开道路测试

Waymo 有一个综合性的道路测试项目，过去 8 年中一直在不断更新改进。

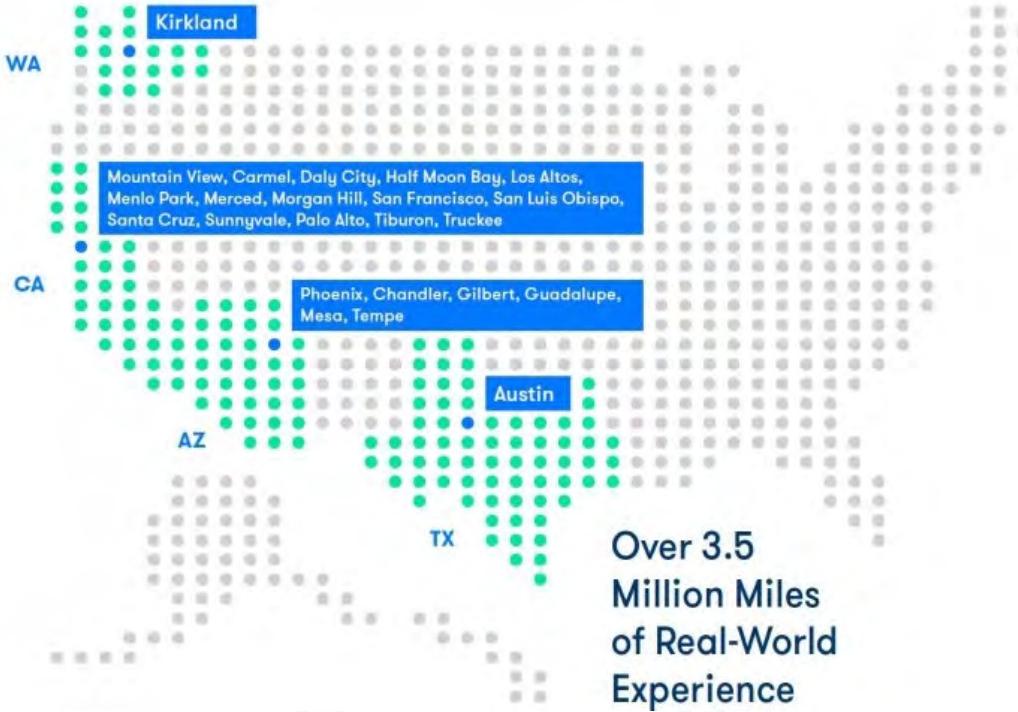
这是非常重要的一个环节，它可以帮助我们验证技术，发现新的具备挑战性的解决方案，不断开发新的技能。道路测试需要有经过高度训练的驾驶员坐在车上，来保证其安全性。

我们的测试驾驶员经过大量专业训练，了解整个驾驶系统，以及如何在公开道路上监控汽车安全行驶。同时，他们也学习了防御驾驶课程。经过这些训练，在公开道路上测试车辆时，驾驶员可以监控系统状况，在需要时及时控制车辆。

道路测试中，每周行驶的成千上万英里里程都用在了软件评估上。
我们监控系统，确保其有效展示车辆行为特征。之后，我们再寻找可以建构这种特征的解决方案，以促成更稳定的驾驶。

实际场景测试则提供了一个连续的反馈环路，可以帮助我们持续更新系统。工程师们监控真实场景的解决方案、调整软件、更新驾驶系统，进而完成这些改变。

反复测试后，再在公开道路上确认，这帮助我们在扩展车辆能力操作设计的同时，也更安全地测试了自己的能力。



真实场景体验

过去 8 年，Waymo 在美国 4 个州进行了测试，在 20 多个城市里实现了自动驾驶——从晴朗的凤凰城，一直到多雨的柯克兰，整个过程中积累了超过 350 万英里的自动驾驶数据。每到一个新的地方，我们就可以获得多种不同道路环境、街景和驾驶习惯的经验。

比如，在凤凰城，我们得以测试传感器和软件在沙漠环境下的反应，包括极端温度和扬尘情况。另外，我们还学习如何让新型交通工具更持久地驾驶，例如浇水车在路中间浇水的时候，速度可从 3 英里/小时提高到 45 英里/小时。奥斯汀有水平交通信号灯，柯克兰则提供了更多湿润气候下的经验。

在新的城市，我们每天都会遇到还不习惯在路上看到自动驾驶汽车的人。我们从这些不同的人群中得到很多新鲜的视角和观点——人们使用自动驾驶汽车的意愿，他们如何看待自动驾驶汽车等等，这些人可以为我们发展和更新自动驾驶技术提供很多指引。

极端温度下的自动驾驶

在极端寒冷和非常炎热的温度下，我们的自动驾驶车辆也需要可靠并且安全地运行。Waymo 工程师研发了自动驾驶的硬件和软件，由此创造了一整套可以在极端环境下可靠运行的系统。

高温对所有的现代科技提出了挑战。电子设备，例如手机，当在烈日下使用，可能过热而关机。 然而，我们的自动驾驶系统在炎热环境下也必须安全工作。

我们的车辆装有一个特殊的冷却系统，能让这些电子设备在非常高的温度下也能工作，比如发动机运转在最大功率以及系统在最大能耗的情况下。Waymo 的工程师在一个几乎能模仿各种天气情况的风洞进行了大量实验，包括地球上曾记录的最高温度。

除了风洞测试，我们也在美国三个最热的地方也测试了我们的自动驾驶车辆：拉斯维加斯，戴维斯丹以及死亡峡谷。

戴维斯丹位于亚利桑那和内华达州的边境，有漫长陡峭的沙漠公路可以在烈日下行驶。拉斯维加斯可以让我们在烈日下无数停停走走

的城市拥堵路况下测试我们的车辆。死亡峡谷则拥有地球上官方记载的最高温度 134°F (57°C)。

在测试中我们密切的监视着系统温度，每秒记录超过 200 个不同的温度点，来验证我们的自主开发的传感器套装和算法正常工作。

测试车辆防撞能力

除了测试核心能力，我们的工程师也在不同的情景下进行了防撞测试（附录 8 记载了 Waymo 防撞测试情景）。

Waymo 在私有测试道路上完成了上千次的防撞测试。每一次测试都在不同的驾驶情况下进行，让我们的分析汽车的反应。我们用仿真器来测试这些情景并改善总体软件能力。

我们从大量数据中了解应该测试哪种碰撞，包括我们的分析，例如 NHTSA 的致命碰撞数据库，我们在自动驾驶汽车方面的广泛经验，来扩展到 NHTSA 的 37 个预碰撞情景。我们也测试了其他情景，例如其他道路使用者造成了潜在的危险情况，比如车辆突然驶离了车道，大型车切入目标车道，摩托车进入道路，行人乱穿马路等等。

2015 年，NHTSA 发布了最常见的预碰撞场景的数据。例如，仅仅 4 种碰撞目录就涵盖了 84% 的碰撞情形：后端碰撞，车辆转弯或者穿过十字路口，车辆驶下路沿，车辆变道。因此，防止或者缓和此类的碰撞是我们测试项目的重要目标。

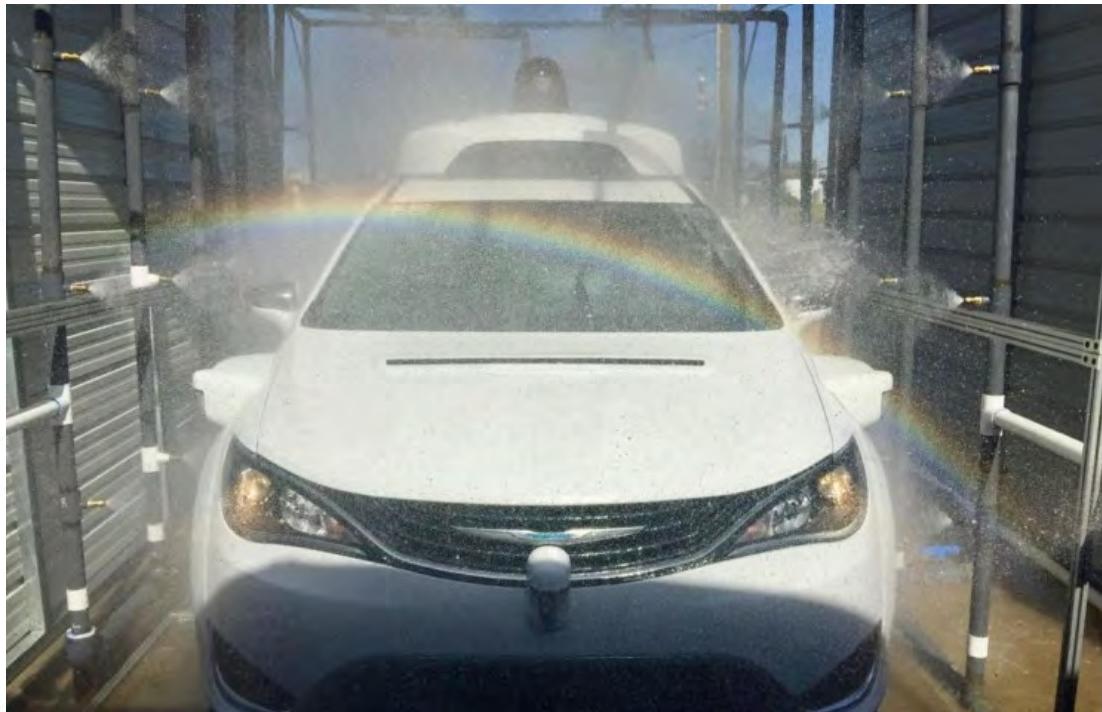


硬件可靠性和耐久性测试



自动驾驶车辆和传统车辆一样，必须可靠运行。这意味着车辆和每一个零部件必须在极端环境和整个生命周期内都能正常运行。

Waymo 工程师设计了独特的应力测试。利用疲劳物理知识来加速在车辆和其零部件上的环境应力，我们把真实生活中几年的使用周期压缩到几天或者几周的测试。



我们让零部件在紫外线辐射中进行暴晒，用强力水枪进行轰炸，把车浸在几乎零度的水桶中，在充满盐雾的房间里慢慢腐蚀，摇晃并强有力震动，在潮湿的空间里几星期的加热，冷冻。

我们分析任何类型的失效并改进设计来增加零件的可靠性，监视每个传感器的健康程度和车辆自身，从而可以在问题出现之前发现并解决潜在危险。



四、与乘客安全互动

我们的车辆被设计成自动驾驶，因此用户界面的设计考虑的是乘客，而非驾驶员。

这也是我们开发特殊的车内内容和用户界面的原因。这能帮助乘客理解 Waymo 的自动驾驶车辆在道路上正在做的事情，让乘客知道例如选择目的地，靠边停车，并在需要的情况下和 Waymo 支持热线联系。

除了为乘客提供安全且直观的日常出行方案，Waymo 为应对紧急情况开发了流程。例如，我们的车辆不仅可以发现碰撞并且对在路上的紧急车辆做出反应，而且我们和法律部门以及第一援助人员，这些可能和我们车辆联系的机构进行了培训。

最后，自动驾驶的潜力只有通过增加公众的认知和认可才能完全实现。今年 10 月，Waymo 启动了“让我们谈论自动驾驶”——世界上最大的关于自动驾驶的公共教育活动。

通过和国家和地区安全组和高级团体的伙伴合作，我们希望让公众参与进来，并让公众了解这种技术的工作原理，以及自动驾驶技术背后的巨大益处。

Waymo 的早期试驾者项目

我们希望了解一辆自动驾驶汽车如何满足人们的日常交通需求，无论是作为私人用车还是共享用车，或是让大众出行更加便宜。这也是为什么在今年 4 月，我们在凤凰城启动了早期骑行者项目，这也是第一辆 Waymo 自动驾驶汽车的公众试验。

我们的试乘者来自不同的人群，从有青少年的家庭，到年轻的工作者。他们用我们的车辆来满足日常需求，从上下班，到带孩子去参加足球练习。让早期使用者学习如何使用车辆至关重要，我们的研究团队和使用者紧密联系，为他们提供项目信息，告诉他们如何使用车辆以及如何提供反馈。

在过去的 100 年，当车辆被设计时，总是假定有一个人类驾驶员。试乘着的体验告诉我们，人们希望如何和车辆互动，以及作为乘客

而非驾驶员的乘坐体验。他们的经历帮助我们创造了一种更直观且更方便的车内体验。

行驶体验

Waymo 的用户体验由 4 个主要原则主导：给予乘客一次无缝出行所需的信息；帮助乘客预期将要发生的事情；积极主动沟通车辆对路况的反馈；帮助乘客与车辆安全共存。

我们希望乘客了解车辆正在接受的信息，以及采取相应行动的原因。每辆车提供了乘客贯穿行程的有用的视觉和听觉信息，帮助他们了解车辆和其他道路使用者正在采取的行动。在 Waymo 自动驾驶车中，有一个显示屏来提供视觉驾驶信息，例如目的地、当前车速、车辆选择的路线。声音系统则为乘客提供相关通知。

我们已经为试乘者和车辆互动提供了多种的方式，如按下物理按钮，移动 App 和 Waymo 行驶支持专家通话。

让 Waymo 车辆更容易使用

显示

Waymo 乘客显示屏显示了重要的交通信息，例如目的地、到达时间。它也显示了静态的道路元素，例如交通灯，停车信号牌，以及一些环境中的动态元素，例如车辆，自行车以及行人。

如此，乘客可以理解车辆正在感知并且回应这些元素，从而对车辆的能力更有信心。

启动行车按钮

无论何时，使用者都可以用 App 或者车内的按钮来开始行程

靠边停车

车辆有一个靠边停车按钮，当按钮被按下，车辆会找到一个附近安全的地点来停车。

移动 App

Waymo 早期用户项目的参与者，在 Waymo 车辆里用一个移动 App，可以发起目的地的需求。这款 App 也能让用户给予使用反馈和联系 Waymo 寻求支持。

行驶支持小组

Waymo 创建了一个用户支持小组来回答早期用户的问题。通过在车内的按钮、电话移动 App，就可以联系这些专家。

无障碍性：为现今无法驾驶的人们提供机会

我们相信，Waymo 的技术具有为世界各地的人们完善安全性和机动性的潜能。从一开始，Waymo 一直在聆听残障人士人群的声音并与之合作、共事。

我们持续了解到不同驾驶者特有的需求。同时，我们所了解的这些需求将构成新的特性，而这些特征将使得长期以来不得不依赖于他人的人们获得经验。

我们也知道，我们无法独立完成我们的目标。Waymo 致力于与合作伙伴合作，打造能够服务于更多人群的车辆平台和解决方案。



开发中的无障碍功能

一款无障碍移动 App

我们正在构建一款直观、便捷的移动应用程序。专为使用 Android TalkBack, iOS VoiceOver 及其它无障碍服务人士所设计。

语音提示及工具

视力障碍的驾驶者需要我们将车辆定位在出发地点。我们正在探索具体的“寻路”功能，包括驾驶者能够让车辆提供语音以帮助他们引导车辆行驶的方式。可在移动 App 中打开附加的语音提示，同时，可在车内使用，让驾驶者了解他们的旅程情况。

盲文标签

我们的自动驾驶车辆中的行驶按钮伴有盲文标签，让视障驾驶者能够启动车辆，靠边停车，或是致电与能够为其提供更多协助和信息的操作人员进行通话。这些按键也可以在移动 App 中使用。

视频显示

在通过每一个行驶阶段，聋哑及听力障碍的驾驶者可以通过屏幕视频提示，了解车辆情况。

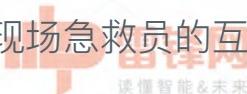
无障碍的驾驶帮助

我们采用对话形式的驾驶帮助，通过车内的视频显示或音频让所有驾驶者获得所有驾驶的能

力。



紧急情况及与执法人员和现场急救员的互动



Waymo 的自动驾驶车辆可实现与执法人员及现场急救员的互动。

使用我们定制的传感器套件，包括音频检测系统，我们的软件可以鉴别附近的消防车，检测其闪烁的灯光，可在数百英尺远的地方听到警报声。音频传感器能够识别警报声可能来源的方向，提高车辆安全和及时响应的能力。一旦检测到紧急情况发生，我们的车辆能够及时做出响应，靠边停车或立即停车。

Waymo 还会提供我们所测试的每一座城市的政府信息，并提供一系列交通管理机制。在一些城市，Waymo 还进行现场培训，帮助警察和其他紧急援救人员在紧急情况下，鉴别我们的车辆。

我们计划持续开展这类现场培训，同时，我们计划扩大培训范围，从而让我们的车辆更智能。

与亚利桑那州钱德勒警察局进行测试

我们已经同亚利桑那州钱德勒警察局和消防部门进行合作，对我们的自动驾驶小型货车进行紧急车辆测试。当地警车、摩托车、救护车、救火车及非标示特殊作业车辆追踪、通过并引导我们的车辆时，强大的传感器套件，包括远程音频检测系统，可以观测到这些车辆。我们的传感器可以采集各种速度、距离和角度的数据——构建一个视觉和声音库，这将有助于我们的车辆在道路上遇到紧急车辆时做出安全反应。



五、总结

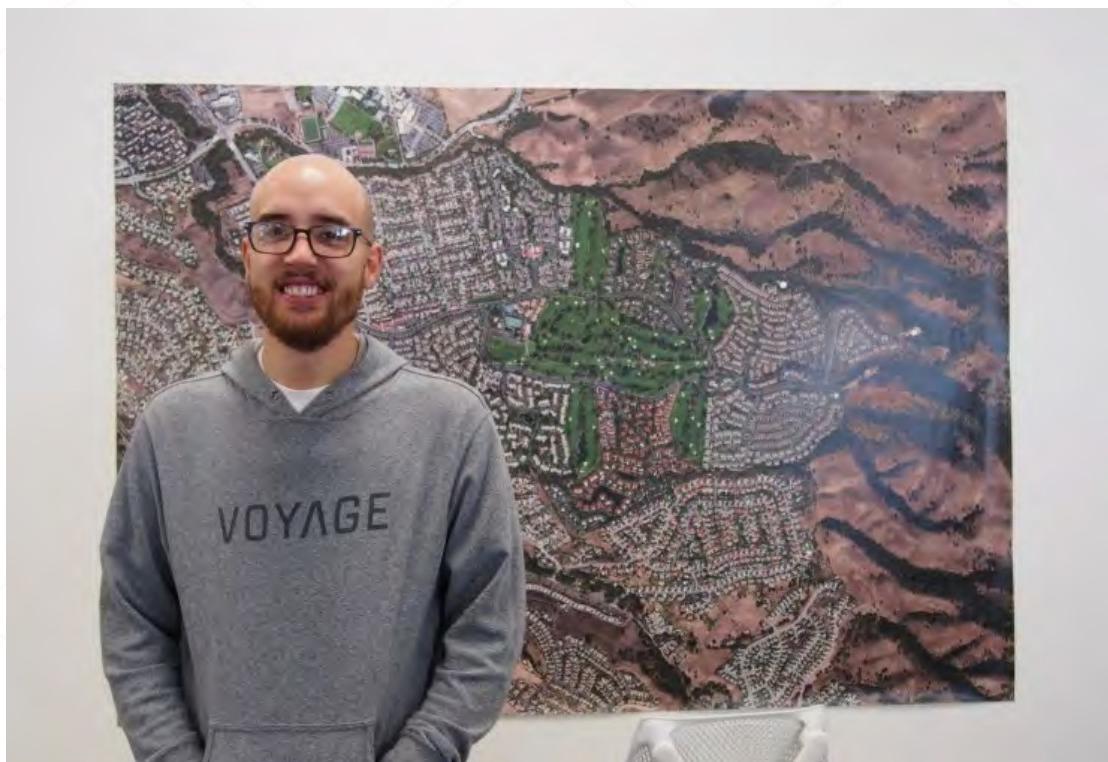
八年来，Waymo 一起专注于一件事：让全自动驾驶技术成为现实。我们严守安全设计，公司文化也将安全，以及安全之上的开放沟通置于核心位置。Waymo 的所有人都希望实现这一目标，让自动驾驶对每个人来说都安全可用。

这份报告总结了我们为确保全自动驾驶车辆安全部署所做的努力。这项新技术能提升道路安全，提供新的出行选择，我们对此感到很兴奋。

专访 | 特立独行的 Voyage，要让每辆 自动驾驶出租车盈利

作者：张驰

导语：Voyage 的车由福特 Fusion 改装而来，配备了一个 64 线 Velodyne 激光雷达，4 个摄像头和 5 个雷达。现在公司有两辆车在 Villages 社区运营。



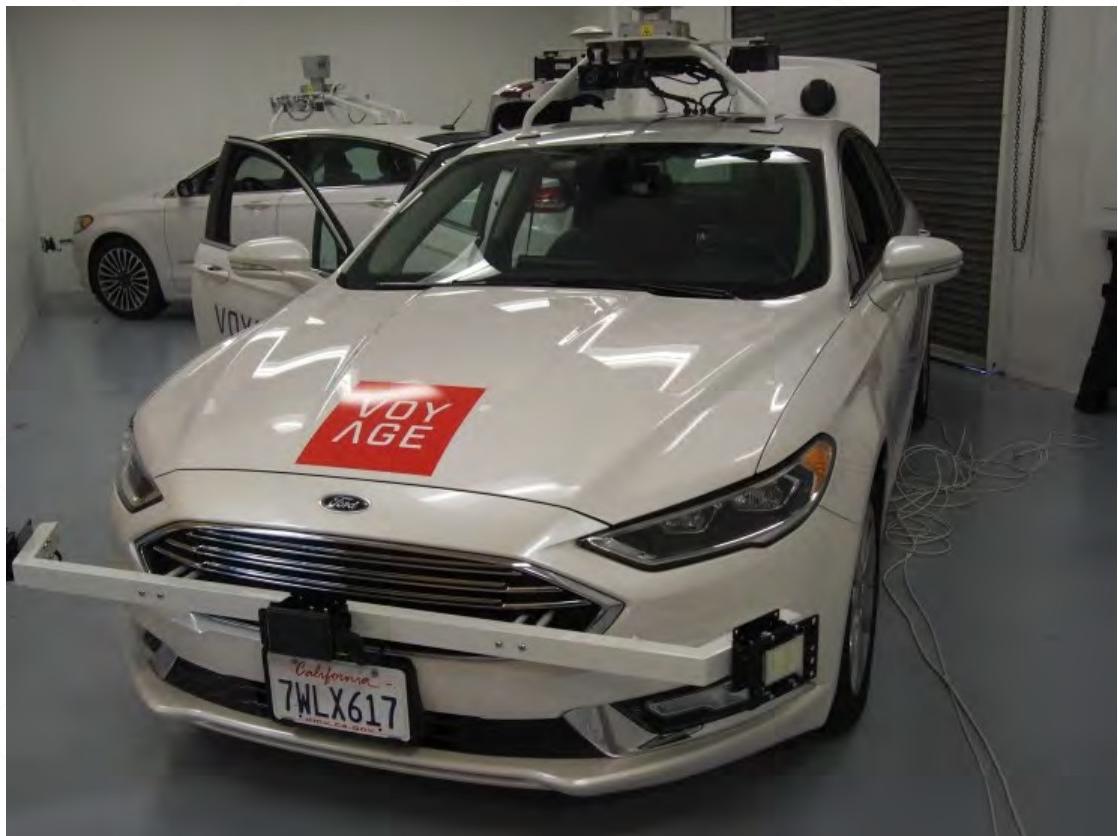
*Oliver Cameron，他背后是公司测试场地的卫星图

雷锋网拜访自动驾驶公司 Voyage 的前一天，纽约时报报道了他们在硅谷圣何塞的老年人退休社区 Villages Golf and Country Club 开始试运营自动驾驶出租车服务。

Voyage 于今年初成立，脱胎自在线教育公司 Udacity，希望能组建自己的自动驾驶出租车队。公司 CEO Oliver Cameron 和部分成员曾在 Udacity 开发自动驾驶课程，去年秋天在繁忙的硅谷完成了一次 32 英里左右的自动驾驶测试后，他们决定成立自己的公司。约半年后，Voyage 的自动驾驶出租车开始试运营，进展迅速。

Voyage 的车由福特 Fusion 改装而来，配备了一个 64 线 Velodyne 激光雷达，4 个摄像头和 5 个雷达。现在公司有两辆车在 Villages 社区运营，第三辆车很快就会加入。

Villages 作为一片私人领域，道路较为封闭，且社区有 4000 名居民，平均年龄 76 岁，有不小的出行需求，特别适合自动驾驶车辆的运营测试。作为交换，Voyage 也付出了一点代价，即出让部分股权给社区，而且要向保险公司提交车辆运行相关的数据。



雷锋网
*Voyage 的原型车

Oliver 告诉雷锋网， 在公司启动不久，他们就在寻找测试场地， 希望能有乘客和相对复杂的场景，也适合快速打磨技术。经过一些调查，他们比较后发现圣何塞的社区更为适合，而且离公司近，并最终在今年四月逐步开始了与社区的洽谈和车辆部署。

他表示，“对第一次测试来说距离很重要，因为工程师们可以直接前往测试，与乘客访谈。另外，Sebastian Thrun 也建议，退休社区是一个很不错的测试场地。”Sebastian 也正是 Udacity 的创始人，而在这之前他在 Google 帮助创立了 X 实验室和自动驾驶部门。

除了圣何塞，Voyage 还在寻找其它地方做运营与部署。Oliver 希望公司的服务会扩张到整个城市，这样才称得上是自动驾驶的出租车公司。

整个过程听起来自然而然，但 Voyage 也有过疑虑。如今有很多公司在做自动驾驶，拿到加州路测牌照的还有 40 余家，而且他们通常会在公共道路上测试，但 Voyage 选择在一个较为封闭的区域测试。

就在 Voyage 开始测试前两天，硅谷另一家自动驾驶公司 Cruise 公布了在复杂路况测试的最新信息。公司 CEO Kyle Vogt 不得得意地表示，在复杂的地区测试自动驾驶绝对有必要，这也是提升系统性能和可靠性，实现大规模部署的最快方式。

“我们的做法有点逆势而行，这对我们来说是一个赌注。我担忧的是，这么做是正确的吗？场景是否太简单，太限定了？”Oliver 告诉雷锋网，他担心这会带来对外信息传递上的问题，他称之为“Messaging Challenge”，可以理解为让人怀疑公司的实力。

但开始运营后他发现，社区里的路况也很混乱，与其它地区一样疯狂。在这里，他们同样会遇到一些意外状况（Edge Case），一样的情况的交叉路口、行人道、车道等。“然后我们意识到，这也是很难的。”



社区里的很多乘客不仅没坐过自动驾驶车，甚至也没见过，但反馈不错。Oliver 表示，“虽然行驶过程不那么顺滑，可以感受出来不是人类在开车，但很安全。”更重要的是，他们部分解决了社区居民出行不易的问题。经此一役，也完成了 Voyage 的一个目标：让普通乘客体验到自动驾驶。

也正是因为如此，或许 Voyage 不能简单定义为一家技术公司。它既开发自动驾驶技术，同时提供基于自动驾驶车辆的出租车服务。“我们两者都做，因为现在还买不到自动驾驶的车辆。对于自动驾驶技术，我们会想它的最佳应用方式是什么？无疑是共享出行服务。”

虽然自动驾驶仍是一项新兴技术，还有很多不完善的地方，Voyage 的特殊之处则在于它已经更关注产品。“我们真正关注在产品上，不仅是技术，而是希望现在就能让技术为乘客所用，让他们坐上车。老实说，这在行业中是很特殊的。”

所以 Oliver 也很看重自动驾驶行业的生态。他告诉雷锋网，公司集中在开发感知、运动控制技术，以及技术的部署上，而像高精度地图等，会外包给其它公司，比如 DeepMap。对于激光雷达等传感器的成本他也不太担忧，“因为生态系统会解决这个问题”。

整体而言，Voyage 更是一家产品与服务公司。Oliver 说，“我们能为用户提供这种来自未来的机器人汽车的体验，我们喜欢现在自己的方式。”



以下是雷锋网与 Oliver 采访内容摘录：

雷锋网：是什么让你们感觉可以开始自动驾驶的运营了？

Oliver：其实这是几个月测试下来的结果。我们今年 4 月就开始在圣何塞的社区部署了，经过了多次的测试与迭代。再加上我们的目标一直是能让乘客体验到自动驾驶车，所以虽然还不完美，但仍然开始了测试。

从结果上看，虽然还不完美，刹车和加速系统的流畅性上还有改进的空间，但很安全，对周边环境的检测也很好。

雷锋网(公众号：雷锋网)：与圣何塞 Villages 社区的合作，既出让了股份，也要提供数据，这对你们来说是一个很大的代价吗？

Oliver：给他们提供的数据很简单，只是传感器的原始数据而已。在股权方面，出让的份额与我们当时会给一位新员工的份额差不多。考虑到整个项目能带来的价值，让我们有了用户和测试场景，代价不大。我们也希望能让乘客体验到自动驾驶，如果只是在公共道路上测试，那只是多了另一个普通的自动驾驶公司。

雷锋网：经过最近一段时间测试得到了什么反馈？

Oliver：车辆的行驶不算顺畅，特别是在停车的时候，能感受出来不是人类在开车，但还不坏。**雷锋网**
读 懂 智 能 & 未 来
有趣的是，这也是我们的一个盲点，因为工程师在车里测试了好几个月，已经适应了车辆的运行方式，不再敏感。但从没坐过，甚至是没见过自动驾驶的人就可以感受出来。

另外要解决的是如何叫车的问题。社区中很大一部分人没有智能手机，这是我们没预料到的。我们后来做了一个电话服务，打电话就能叫车。

雷锋网：你们认为，至少在限定区域的自动驾驶中，技术问题都解决了吗？

Oliver：相对来说是解决了，比如定位一类的算法其实已经很成熟了，也存在了很多年，特别是在机器人领域，我们对解决这一问题并不太担心。对于较为开放的场景，还有问题没有攻克，比如感知和运动控制方面，面临当意外情况时还还很处理。在车辆的控制方面，如刹车和加速上，我们还没有做到最好，但这是一个相对比较成熟的领域，我们也有很清晰的改善路线。

雷锋网：高精度地图上你们是怎么做的？有什么样的特殊需求？

Oliver：我们用的 DeepMap 的高精度地图。我们的车在运行中会收集数据，由他们来处理。

对我们来说很重要的一点是，会依赖于整个自动驾驶的生态系统。

作为一家初创公司我们也不可能做所有的事。对于高精度地图，他们可能有上百人来专门做这件事，我们更倾向于让他们来解决这个问题，而不是自己。

对于地图，我们对地图的密度（Density）有要求，这取决于各家公司的不同路径，有的公司只是需要地图用于定位，而我们也用它来做感知，因此会要求很高的分辨率。

雷锋网：对于 Cruise 声称要在最难的道路上测试自动驾驶，你们怎么看？

Oliver：我认为他是对的，我也欣赏他们解决问题的方式。但他们是不同的公司，与我们处在不同的阶段。

Voyage 成立不到一年，在旧金山测试会拖垮（Paralizing）公司，要实现可以乘坐的自动驾驶，招人的速度和开发进展会赶不上。我们只有 17 个人。我们也会去那里，因为最初就是希望能在最复杂的场景提供服务，不过要分阶段进行。

雷锋网：提供自动驾驶的出租车服务，意味着你们要拥有车辆，这对初创公司来说是不是很大的负担？

Oliver：对我们来说，运营自动驾驶车辆虽然不会是低成本的，但车辆要有正的毛利率。我们认为，在未来几年全球所有做自动驾驶还有传感器的公司，会让成本降低很多。车的成本也会下降很多，这是很成熟的产业。我们也不会用福特 Fusion 这样的车。

未来 5 年整个自动驾驶（车加系统）可能只需要 4–5 万美元。那个时候部署车辆，平均每辆有 15 万英里的里程，我认为是可以从每辆车上盈利的。车辆拥有权不是问题，加进维护、人工、传感器和车辆替换，仍然可以盈利。虽然还有很多事情需要验证，但我很有信心这能跑得通。

雷锋网：你们对规模化是如何考虑？在一个场景提供服务会需要不断打磨，而这可能很难迁移到其它场景中？

Oliver：规模化是一个很难的问题。但我们会依赖生态系统，扩张会很容易，因为其它公司会帮助我们扩张，因为他们也需要规模化，否则就会倒闭。就像在地图上，DeepMap 会想到如何规模化运营，解决所有的问题。百万级的车队规模化可能很难，但几百辆不是问题。

雷锋网：你们有考虑过盈利问题吗？

Oliver：这个项目中没有，只是想获取用户，测试技术。

雷锋网：你们遇到了哪些没预料到的挑战？

Oliver：我觉得我们可能低估了出租车服务的复杂性，这是不同的事，也要求不同的技能。工程师可能认为自动驾驶软件是最重要的，虽然这也没完全解决，但运营车队提供出租车服务，以至于最后实现自动驾驶运营，都是很难的。我们现在只有 2 辆车在运营。

入股光庭，控股中海庭，投资多家初创公司，上汽全面布局 L4 自动驾驶

作者：易建成

导语：「汽车企业都是牛顿的学生，而 IT 企业都是香农的学生。」



自动驾驶如火如荼，也开始让高精地图行业变得愈发热闹，玩家也变得越来越多样。

高德、四维图新、HERE、TomTom 这样的传统图商在积极开拓高精地图业务；谷歌、百度、Uber 和福特等公司都在利用自己的测

试车采集数据以便绘制高精地图；而最新涌现出的高精地图初创公司，如 DeepMap、Carmera、Civil Maps、lvl5 获得了不少资本青睐。

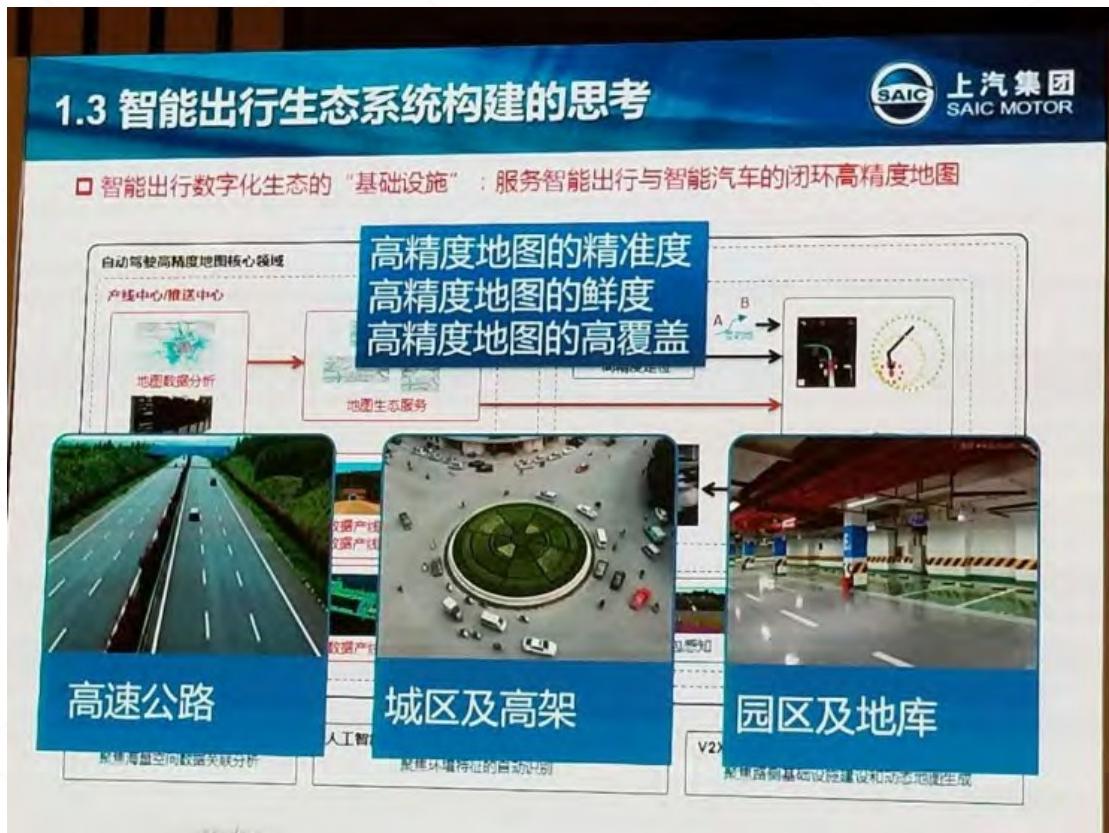
毫无疑问，高精地图作为自动驾驶拼图上重要组成部分，已在自动驾驶领域崭露头角，更是吸引了汽车厂商的目光。

9月28日，上汽集团全资子公司上汽（常州）创新发展投资基金有限公司（以下简称「上汽创发」）与中海庭签订《增资协议》、《股东协议》，各方同意中海庭引入上汽集团作为战略股东，双方将以光庭信息及旗下的中海庭数据技术有限公司为合作平台，共同开展高精地图数据建设。



根据光庭对外发布的公告，上汽创发以现金人民币 1.46 亿元认缴中海庭新增注册资本，以获得本次增资后中海庭 51 % 的股权，上汽创发也由此获得光庭 10% 的股份。

上汽入股中海庭，表明上汽正式进入高精地图这一自动驾驶核心技术领域。而在此之前，戴姆勒、宝马和奥迪三家汽车厂商从诺基亚手中买下地图服务商 HERE，汽车厂商企对地图重要程度的判断可见一斑。



*图片来自上汽前瞻技术研究部副总经理项党博士在今年 CICV 的演讲

「高精地图本质是先验知识。我们通过各种众筹众包技术手段来获得实时更新高精度地图信息，为汽车『大脑』提供先验知识来供决策和判断。」上汽总工程师程惊雷告诉我们。在他看来，上汽与光庭的战略投资合作，「是系统性思考后必须要做的事情。」

但这次战略投资合作对上汽和光庭意味着什么？

此次促进上汽与光庭合作的参与者和执行者之一、光庭 CTO 罗跃军表示，上汽在国内需要一个高精地图服务商和拥有地图甲级测绘资质的承载体，从战略角度看，上汽获得了未来在高精度地图数据

层面的话语权。对光庭而言，与上汽合作则解决前者在资金、政策、人才、技术和商务模式等瓶颈。

此前上汽在位于硅谷的上汽加州风险投资公司（SAIC Capital）投资了硅谷高精地图初创公司 Civil Maps——目前三方已经开启了紧密的合作。

罗跃军告诉雷锋网，Civil Maps 在高精地图采集上的优势，结合中国路况和光庭处理地图数据的技术，可以使得未来数据采集的成本和效率达到最优。

除了入股光庭，增资控股中海庭，投资 Civil Maps、AutoX 外，上汽也与 Momenta、Almotive、Mobileye 有项目上的合作。据上汽集团前瞻技术研究部总经理张程透露，Mobileye 和 Here 地图合作以及基于高精度地图提出众包理念的 REM（Road Experience Management），上汽也在沟通相关事宜。

与上述公司合作的目的，是它们能够为上汽自动驾驶整体技术解决方案的某些环节提供有益补充。

近年，上汽提出「为消费者提供全方位汽车产品和服务的综合供应商」战略转型目标，并以「电动化」、「网联化」、「智能化」、「共享化」的「新四化」为方向，在坚持自主开发的同时，与相关领域进行深度合作。

上述动作则是上汽在「新四化」的重要部署，上汽希望在「新四化」上厚积薄发，带来更符合市场需求的汽车产品和服务。



雷锋网

读懂智能&未来

*今年 8 月，上汽集团董事长陈虹在硅谷上汽创新中心，试乘正在进行路试的无人驾驶车

据雷锋网了解，上汽在自动驾驶领域有一支国内外核心团队，包括上汽前瞻部门、设立在硅谷的风险投资及创新中心。目前，上汽已经完成两代智能驾驶整车平台开发，并开展了高速公路、城区等自然交通环境下的自动驾驶技术研究，整车测试累计里程超过 3.6 万公里，已达到 Level 4 (SAE) 「有条件自动驾驶」。今年 6 月，上汽在美国加州还拿到了 DMV 颁布的自动驾驶路测牌照。

这也是国内自主品牌为数不多在自动驾驶领域有重大进展的汽车厂商。上汽的目标是到 2020 年，实现结构化和部分非结构化道路的自动驾驶，到 2025 年实现全环境下的自动驾驶。

上汽的自动驾驶路径

从车企到互联网新创企业，他们在自动驾驶领域纷纷试水、加大投入。对汽车公司而言，面对纷繁复杂的自动驾驶技术，他们必须掌握哪项技术？

程惊雷的回答是「软件」。这里的「软件」涵盖能源管理、多信息融合、决策系统、执行控制软件等多方面。他认为，过去一百年，汽车行业主要解决的是硬件问题。而在物联网时代，汽车内部和外部需要通过融合，将信息变成数字和数据流来进行数据控制和决策。这对汽车公司而言，最需要掌握的就是软件。

但现在的问题是，真正的好产品，必须是软件与硬件的完美结合。自动驾驶汽车更是如此。

程惊雷认为，两百年的工业化演进，前一百年解决的是硬件问题，后一百年解决软件、信息化的问题，到最后是「软硬件一体」……为什么（我们）要谈跨界合作，就是通过这种结合在上汽体系中产生化学反应。

具体到自动驾驶这个领域，他把市面上研发自动驾驶的公司分为三大流派。

一派是科技公司，代表公司就是 Google、苹果、Uber 和百度，「它们以愿景为牵引，以生态为目标，是移动互联网理念下研发的自动驾驶。」

一派是汽车行业，「它们着眼于可实现的技术，基于可持续发展的思维方式，循序渐进推进产品和技术、商业模式不断向前发展。」

另一派是初创公司，「它们的特点是瞄准未来的可能性，更倾向于人工智能的解决方案，将车作为智能终端，它具有像人类大脑的感知、判断和决策能力。」



在他看来，上述流派在策略和方法上虽存在差异，但并无对错、利弊之分。我们需要关注的是：在这个过程中，谁能快速敏锐地抓住商业化机会，贴合用户需求。

「自动驾驶对环境的要求完全不同，一百多年前汽车刚刚问世也被外界当做怪物。那时的环境，汽车必须符合马车的规则，而不是说汽车出来后，马车时代的规则全被推翻。」程惊雷说。

新创公司对任何事情都非常激进，但他们的存活率从来不到10%。上汽则采取循序渐进的方式研发自动驾驶，更注重系统化解决方案，将安全可靠的技术解决方案与更多新技术结合。

当然，商业并不总是一场非此即彼的游戏。在自动驾驶这个领域，每一家公司都在沿着自己选定的路奔向一个相近的未来。

在与上汽工程师们交谈的过程中，「李飞飞」、「ImageNet」、「深度学习」、「CVPR」这样的字眼不时从他们嘴里蹦出，在语境上一点也不违和。看起来，他们并没有以车企「老大哥」的姿态自居，而是在更积极拥抱新技术，引入创新力量。

「我们希望将循序渐进与跳跃式发展两种做法集成到我们的体系中……从我们所探索的这条中间路径，从技术稳定性、灵活性和智能网联汽车进入千家万户的成本看，我们的成功概率会更大一点。」程惊雷说。



以下是雷锋网与上汽集团总工程师程惊雷、上汽集团前瞻技术研究部总经理张程、上汽集团前瞻技术研究部智能驾驶分部总监刘奋的对话（有删减）：

雷锋网：去年光庭与中海达达成战略合作，并且成立合资公司中海庭。这次上汽、光庭与中海庭的合作是投资还是收购的形式？

程惊雷：上汽是入股光庭，增资控股中海庭。

去年中海达和光庭合作，双方主要目的是基于充分发挥光庭本身在地图数据处理技术和中海达在数据测绘方面的长处。

中海庭本身的目标非常专注，所以上汽采取对中海庭以增资的方式进行合作。就这个平台而言，中海庭将来在技术发展和商业拓展当中作为主力资源。

雷锋网：为什么上汽选择与武汉光庭合作，而不是与高德、百度或四维图新？

张程：光庭不是纯粹的地图开发公司，它对汽车的理解比任何一家地图公司都要深刻。

光庭董事长朱敦尧在东京大学念完博士以后，很长一段时间在日本汽车行业地图领域深耕，最早通用、别克使用的导航地图就是光庭依托日产技术力量研发出来的。**而且最早**导航地图的格式、编译和进入 ISO 标准，光庭也有贡献。在这一方面，光庭对汽车和对地图的理解是结合比较好的。

在智能汽车探索方面，光庭也做了很多尝试和努力，去年也推出了「小鱼畅行」自动驾驶项目，所以光庭对自动驾驶方面的理解也有一定基础。光庭在高精地图编译格式、技术定义上做了拓展，这个拓展与上汽对自动驾驶所需要的先知先验知识，与上汽的理念不谋而合。

按照上汽集团前瞻技术研究部对高精地图辅佐 Level 4 级以上自动驾驶所需要的地图要求，我们将进行后续项目开发和能力建设，并形成丰富内容。

雷锋网：现在高精度地图成本仍很高，将来商业化进程中，如何把高精地图做到低成本并应用到汽车上？

张程：上汽与光庭合作并不意味着技术输入方面与其他地图公司没有交流。因为我们控股中海庭，他们必然是我们团队一份子。这样上汽对自动驾驶、对高精地图总体的定义会让光庭在现有基础再上一个台阶，而且一定会形成闭环，这个闭环也包含众包的概念。

等闭环形成的时候，从技术应用来讲，是向所有汽车厂商开放，到那时候更多是授权，不一定是硬件费用的支付，所以会极大降低对高精地图的使用成本。

此外，我们和 Civil Maps、Mobileye 也有战略合作。Mobileye 和 Here 地图合作以及基于高精度地图提出众包众筹理念的 REM (Road Experience Management)，上汽也在沟通相关事宜。这些将来会在中海庭高精地图定义形成后得到充分展示。

程惊雷：高精度地图形成过程当中的成本问题，通过人工智能、众包和层出不穷的新技术运用来解决。有些技术是上汽投资初创公司

拥有的，现在上汽要把这些技术进行融合，形成一种有竞争力、低成本的解决方案，这是非常重要的事情。

雷锋网：上汽投资 AutoX 的逻辑是什么？为什么会投资一家计算机视觉公司？

刘奋：单一的技术绝对不会有整体的解决方案，只会在某个方向给你一个启示。

从上汽整个技术架构及量产的技术解决方案来看，AutoX 是我们整体技术解决方案在某些环节的一个补充，能为我们提供一种思路和解决方案。我们认可它在人工智能方向上机器领域的探索，更看重他们在算法方面的沉淀。



程惊雷：初创公司对某一个专有技术非常专注，如果这一点能够做得足够深入，那么它商业化的前景就出来了。但是，什么时候可以做得足够好，足够深入，这里有很多条件。

我们认为用视觉技术来解决自动驾驶问题只是一个发展方向，但它必须建立在强大的人工智能基础之上。就像人一样，人不仅靠两只眼睛感知世界，做出判断必须要有强大的大脑，而汽车强大的「大脑」与芯片有关，与人工智能的训练有关。什么时候芯片技术作为大脑的基础硬件能够发展起来，再加上强大的人工智能算法，这种技术便可能是未来，我们必须关注。

这也是为什么从上汽角度看，非常关注这些创新公司所做的努力和尝试。除了投资 AutoX，我们也在与 Momenta、Almotive 有项目上的合作。这类公司很有意思，就是单一性技术特别突出，而且这类技术高度集中在机器视觉方面。

雷锋网：上汽研发自动驾驶，在 AI 方面有多大的投入？

张程：前瞻部门有一半以上都是做软件开发。我们主导的技术图谱是前瞻技术部发布的，技术实现都会涉及到软件工程、人工智能、算法、控制策略等等。

与单车智能相关的机器视觉，尤其是机器视觉出来的信号如何做 DSP 处理，如何进入人工智能能够对决策系统更有帮助。从传感器角度来讲，机器视觉、激光雷达、毫米波雷达、高精地图等等。

另外我们还搭建了一个专门运行人工智能算法的计算机集群平台，所有与 AI 相关的算法都可以在这个平台运行。

程惊雷：上汽的人工智能分布在很多体系，自动驾驶也涉及人工智能。针对整个系统解决方案来说，必须要有一个完整的人工智能技术架构。这个技术架构，我们把主干做好，并不是所有的分权都要自己做。

在某些特定领域范围内，我们与高精地图、机器视觉等公司合作，但最关键的是我们要把这些人工智能变成相互之间能够融合的机器语言。

雷锋网(公众号：雷锋网)：为什么上汽没有加入百度阿波罗计划，你们如何看待这个计划？

张程：关于阿波罗计划，我们团队一直在问：阿波罗计划是什么？是一种智能驾驶技术，还是一种智能驾驶平台？如果加入这个平台，我们能得到什么？

其实没有阿波罗计划，我们在 2015 年、2016 年也与百度在智能驾驶的感知、信息融合、决策和执行方面有交流。

程惊雷：互联网公司、科技公司是基于移动互联网的业务模式来做的，就是搭建一个平台。但这个平台是商业平台，不是技术搭台。

构建这样一个商业平台，大家在这个商业平台上「跳舞」，这是有历史传承的，我们称之为移动互联网特定的模式。在 Web 3.0 时代，这个模式是对的还是错的？我们认为可以先「让子弹飞一会儿」。

雷锋网：上汽如何构建自己的自动驾驶生态，比如对外投资一些公司，还是以什么方式？

程惊雷：投资也好，合作也好，联盟也好，这都是手段。关键问题是，目前整个出行产业，我们叫做「Mobility」，汽车只是「Mobility」的工具。

对汽车公司来说，到底是想成为一个制造商还是服务供应商？这个定位是不一样的。如果想成为服务供应商，在物联网时代我们必须要有自己的「物」。

如何做到更广域的合作，同时又保持自己资本属性的法人主体，有自己独特的定位和商业存在，这是我们要做的方向。

Google 去年下半年的发布会，第一次没有对外发布任何“软”的产品，全是硬件。目前国内也已经有科技公司开始关注于线下的硬件体系，所以这肯定是必然的趋势。两百年的工业化，头一百年解决「硬」的问题，后一百年解决「软」的问题，到最后是软硬件一体。

奥迪 CEO 谈自动驾驶：Piloted Driving、高精地图和数据安全

作者：大壮旅

导语：奥迪 CEO Rupert Stadler 谈到了自家自动驾驶系统

Piloted Driving 的未来、高精度地图的重要性和客户数据的安全管理等问题。



雷锋网(公众号：雷锋网)按：本月 11 日，奥迪新一代旗舰轿车 A8 正式诞生，除了标志性的车灯和内饰设计，A8 还成了全球首款实现 Level 3 级别自动驾驶的量产车。

在接受媒体采访时，奥迪 CEO Rupert Stadler 谈到了奥迪自动驾驶系统 Piloted Driving 的未来、高精地图的重要性和客户数据的安全管理等问题。我们得以一窥汽车厂商眼中的自动驾驶。以下内容由雷锋网编译。



读懂智能&未来

问：Stadler 先生，你期待自动驾驶汽车的诞生吗？

Stadler：搭载自动驾驶辅助系统的汽车更令我期待，今年我们将推出全新一代奥迪 A8，明年则会有电动 SUV 接棒，这些车辆将引入一定的自动驾驶功能。

如果需要，A8 甚至能在 60 km/h 以下实现自动驾驶，解决驾驶员在交通时的压力。除此之外，驾驶员的驾驶乐趣会大幅提高，因为车辆已经将最沉闷无聊的路段“消化”掉了。

问：不过，这也只是通向自动驾驶的第一步。

Stadler: 虽然只是第一步，但也是我们耕耘多年的重要一步。

Piloted Driving 系统已经是目前车辆数字化领域最复杂的产品，其主干是由多个传感器组成的环境识别系统。借助中央驾驶员辅助系统的强大计算能力，汽车可以成为独立的决策实体。

通过对油门、刹车和转向的动态控制，车辆的纵向与横向操控也会更加灵活。同时，奥迪还准备了一套专用的人机交互界面。整体来说，自动驾驶的发展是一环扣着一环的，未来自动驾驶汽车的速度会逐步提高，可控场景也会逐步增多。我们的目标很明确：奥迪要继续维护自己自动驾驶排头兵的地位。

问：对 2030 年的奥迪，你有什么样的愿景？



Stadler: 我们可以设想这样的场景：当你下班走出办公室，你的奥迪就在门口等着你了。在车上，你就能完成今天最后一个视频会议，随后便可舒服的倚靠在座位上翻看新闻。

接下来的任务都交给汽车了，它会穿过堵塞的交通快速将你送回家，并自己在地下车库找到车位。这可能就是 2030 年的奥迪吧。

问：这样的车还有情感意义吗？

Stadler: 汽车象征着自由，这一属性一直都会存在，无论是跑车、旅行车或者短途代步车，汽车能给我们带来无与伦比的运输灵活性。

当然，随着技术的发展汽车在社会中扮演的角色会发生转变，但它在未来依然意义重大，尤其是在物联网不断发展的背景下。

问：2030 年的奥迪车还会保留方向盘吗？

Stadler：这个问题我可以肯定的回答——奥迪会继续保留方向盘，即使我们的产品未来拥有全自动驾驶功能。奥迪永远不会让用户感觉无所适从，只要他们需要我们就会一直为他们提供帮助，让驾驶变得更容易。

其实所有的辅助功能都是为了将舒适和安全提升到新的级别，而 Piloted Driving 会在一些特殊情况下起作用。统计数据显示，超过 90% 的事故都是驾驶员操作失误造成的，因此我们的目标是将这一数字一路降到 10%。

问：世界上许多科技巨头也开始醉心于自动驾驶汽车，未来你们面对的竞争对手可能会有所变化。

Stadler：奥迪的座右铭是“突破科技启迪未来”，因此我们的研发会从驾驶员的座位开始。许多科技公司是奥迪的合作伙伴，我们与它们之间的合作也在日益深化。

不过，奥迪并没有放弃系统的控制权，从方向盘到引擎控制再到刹车等都牢牢把握在我们手里。奥迪的操作系统并不开放，这也是对

信任我们的客户负责。客户珍视奥迪在汽车行业的经验，他们清楚的知道我们的技术专长和产品品质不是那么容易就能替代的。

问：手机行业已经经历了一场大洗牌，如果未来谷歌、苹果和百度等公司拿到了数据的控制权，传统的汽车公司是否也会成为科技巨头的代工厂？

Stadler：当然不会，汽车在未来的网络化世界中将扮演特殊的角色，因为车上的传感器系统能让它拥有自己的感觉。同时，它能实时了解自己周围的环境，现在的普通电脑可干不了这种事，更别说智能手机了。车上的雷达系统、摄像头、超声波传感器和激光雷达能识别周边的一切事物。



奥迪有一个原则，那就是只要车上搭载了传感器，车内的 Piloted Driving 辅助系统就会火力全开，而不是存在某个科技巨头的服务器或掌握在“数据收集者”手中。

就像我之前说的，科技巨头只是我们的合作伙伴，奥迪能保证用户的隐私。

问：那些“数据收集者”们未来可能也会把司机吃的透透的。

Stadler：确实有这样的风险。我们客户在车内的数据就是他们生活的一部分。汽车是私人空间，它就像我们的第二个起居室。奥迪对

该问题有个清楚的认识，即车辆采集的数据属于客户，他们手上有最终裁定权。

奥迪坚定的遵守欧洲数据保护标准，除此之外，我们还投入大量人力物力建设了相关基础设施来保证用户数据的安全。同时，奥迪对数据的利用是完全透明的，我们可没什么漏洞。随着物联网时代的到来，“隐私”一词将变得更有价值。



问：你们和宝马、戴姆勒共同买下了地图服务商 HERE，这一步到底有什么用意？

Stadler：实时地图和基于地理位置的服务会为未来出行打下坚实基础。与宝马和戴姆勒共同出资收购，我们就能保证 HERE 一直是一个独立开放和创造价值的地图数据库。

此外，HERE 地图一直在帮我们全新的辅助系统打基础，它是 Piloted Driving 能一直扩大领先优势的重要条件。

同时还提升了道路安全并为其他出行服务的发展创造了机会。有了它奥迪才能保证自己未来重要技术的开发，HERE 让我们在与科技巨头的竞争中扼住命运的咽喉。

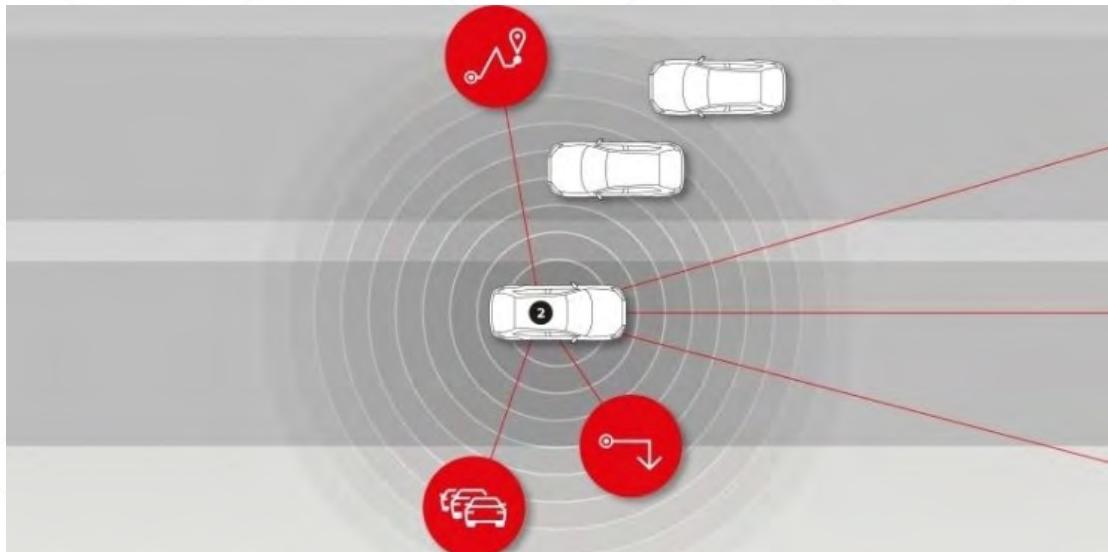
问：不过地图问题为什么那么重要呢？我们的世界不是已经进行过完美的数字化了吗？导航系统现在已经很成熟了。

Stadler：现在我们着手解决的是不同维度的问题。眼下的地图分辨率已经足够导航使用，但自动驾驶需要全新的数据基础，必须将精度从米级降到厘米级。



从这个角度来看，地图一词其实已经难以反映它的真实含义了，因为它跟传统的路线图已经没有什么关系了。新的“地图”其实指的是空间的三维模型，它必须非常精确，甚至路面的坑坑洼洼都要在三维模型上标注出来。

同时，它必须利用车辆上的匿名数据进行实时更新，帮车辆知晓交通、天气和事故等各方面信息。除此之外，HERE 还是一个酒店、商务场所和停车场的大型数据库。



问：刚刚不是说汽车能利用自己的传感器来了解周边环境吗？

Stadler：这话没错，不过传感器得到的图像必须与已经存储的道路空间信息模型进行对比才算完整。有了 HERE 的动态数据，汽车就知道路上到底有什么障碍了。

HERE 地图会实时对每一点变化进行评估，在有危险或车速过快时对车辆进行提醒。此外，车辆传感器还能提供实时匿名反馈，这些数据不但有实时交通状况，还有路况等信息。两者相互配合才能体现出群体智慧。

问：所以说 HERE 是奥迪对未来自动驾驶做的重要投资。

Stadler：它确实是自动驾驶大厦的重要承重梁，不过它带来的好处我们很快就能体验到。举个简单的例子：周五下午你正开车行驶在 A9 公路上，天空突然下起了雨。

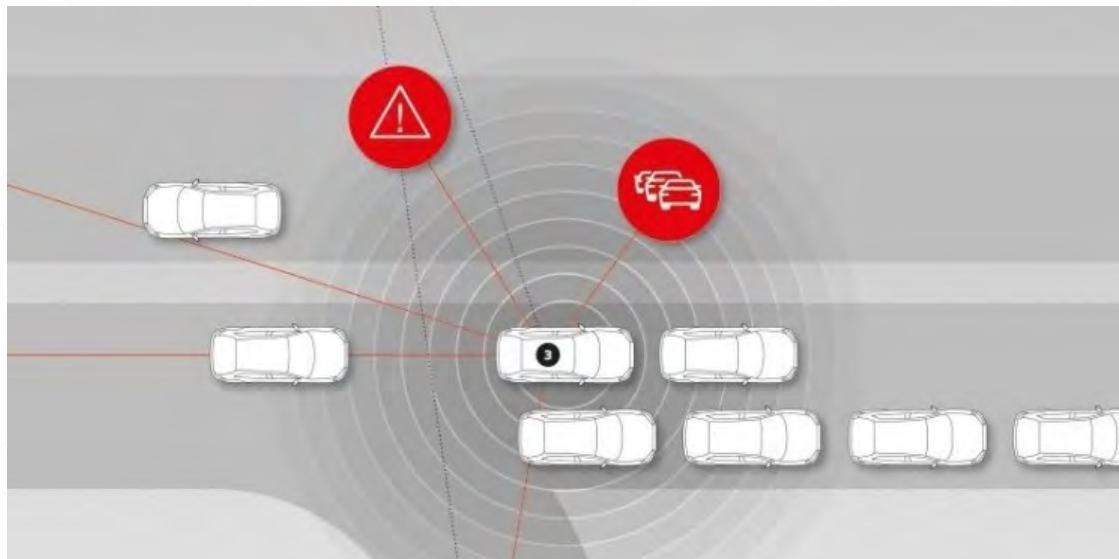
车上的雨水传感器激活了风挡雨刷，随后这个信息会从你的车上传到云端，很快后方车辆和交通管理中心也知道下雨了，驾驶员就有足够时间进行减速等操作了。随着车流放缓，交通拥堵开始出现，这时 HERE 就能为司机推送一条替代路线。如果周五下午 A9 公路堵车成了家常便饭，那么 HERE 在出发前就会提醒司机。

问：不过鱼群中的鱼得学会互相交流。

Stadler：在某些情况下，确实车辆直接互相交流效率更高，因此 V2V 通讯也是我们概念的重要一部分。我们经常会通过电台听到某某物体横在高速中间，有自动驾驶功能的汽车能通过传感器感知危险并立即警告周边车辆。如果还要靠上传云端再分别推送给其他车辆，可能已经有车辆遭遇事故了。

此外，在前车紧急刹车时，车辆反应时间也非常重要，因此车辆间的直接通讯必不可少。我相信车联网将成为未来智慧城市的主要组成部分之一，就拿等红灯这个事来说，奥迪下一款电动 SUV 就能提前获知交通信号灯的变化并及时进行能量回收。这样的应用能节省大量能源，而且它并不是电动车专属。

总得来说，实时信息能让通常拥堵的车流变得更顺畅。



问：不过，要想让鱼群顺利工作，我们得有很多鱼啊。

Stadler：奥迪并不会独享 HERE 地图，它是一个开放平台，其他德国制造商未来也能成为它的用户，不过我们会独立制定相关标准。



这就意味着鱼群的数量能快速增多，服务的质量也会越来越好。需要强调的一点是，数据依然归用户所有，这点我们会一直坚持。

专访丰田研究所负责人 Gill Pratt：自动驾驶面临的挑战及现实问题

作者：周翔

导语：“能够拯救一个生命才算足够好。”或者说，“只有当它比人类驾驶好 10 倍时，我们才接受它。”我不确定。在有答案之前，我们必须非常谨慎：不要引入不符合社会预期的技术。



雷锋网(公众号：雷锋网)按：在 2015 年的 DRAPA (美国国防先进研究项目局) 机器人挑战赛结束之后，Gill Pratt 推动了丰田研究所 (Toyota Research Institute, 简称 TRI) 在美国的成立。这个研究

所将在未来五年的时间里投入 10 亿美元，用来研究机器人和人工智能。

如同外界预期的那样，TRI 将主攻自动驾驶技术：丰田与其他汽车厂商一样，对如何利用自动系统让汽车变得更安全、更高效以及更舒适非常感兴趣。

IEEE Spectrum 在 CES 期间采访了 Gill Pratt，探讨了以下话题：

- 没有哪家厂商的自动驾驶技术接近 Level 5；
- 对自动驾驶技术过度信任的两难困境；
- 怎样的自动驾驶汽车才算足够好？
- 机器学习以及“The Car Can Explain”项目；
- 模拟人类司机可能会做出的疯狂行为；
- 计算机硬件需要一场革命；
- 人和机器：到底谁该守卫谁？

雷锋网对采访内容做了不改变愿意的编译。

1. 没有哪家厂商的自动驾驶技术接近 Level 5



问：在丰田新闻发布会上，您说 Level 5 级别（SAE）的自动驾驶“只是一个美好的目标，不管是汽车界还是 IT 界，没有哪家公司的自动驾驶技术接近这一级别。”这和我们在展会上听到和看到的完全不一样，更不用说我们最近看到的各种宣传演示视频。

Pratt：最重要的是要理解并不是所有的路况都相同。大多数时候，我们的路况并不复杂，因此现在的自动驾驶技术能够让我们时不时打个盹，走走神或者聊聊天。但有些路况可能很复杂，现有的技术应付不了。

我们需要关注的是：这种情况出现的概率——能否确保汽车在给定的路线上，全程自主操控而没有任何问题。Level 5 要求汽车在任何情况下都不需要人类介入。

因此当一家公司说，“我们可以在这片绘制的区域实现全自动驾驶，我们几乎为每一个区域都绘制了地图”，这并不意味着 Level 5。实际上，这是 Level 4。如果碰到这样的情况，我会继续追问，“不论白天、晚上，不论什么天气，不论什么交通状况吗？”

你会发现这个分级概念有点模糊，并没有很清晰的界定。Level 4 或者“完全自动驾驶”这样措辞的问题在于，它概念特别宽泛。

比如，我的车能够在一条专属车道上实现全自动驾驶，这与火车在轨道上行驶并没有太大差别。而雨天在罗马混乱的马路上行驶则是一件完全不同的事，因为这要难得多。

“完全自动驾驶”这个词汇的意义太过宽泛，你必须问清楚，“真正的意思是什么？什么才是实际情况？”通常你会发现他口中的“完全自动驾驶”有诸多限制，比如车流、天气、白天还是夜晚等等。

2. 对自动驾驶技术过度信任

问：这些信息给消费者带来了期望值的问题，他们每天都听到这些新词汇、新概念，却不知道它们到底意味着什么。

Pratt：你说的很对。作为消费者，我们喜欢自己在脑海里建立一个模型，来预测这种自动驾驶技术到底有多好。这种模型往往是带个人感情的：我们只会关注某些事情，而自动驾驶技术的不完善可能

会被选择性地忽视，这让我们要么过度信任，要么低估自动驾驶的能力。

丰田认为，对消费者进行教育，并让他们真正了解技术的局限性非常重要。整个业界需要共同努力，从客户的角度出发，确保他们真正了解自动驾驶汽车的好处，以及它能做什么、不能做什么。这样消费者就不会盲目信任自动驾驶。

过度信任是另一个大问题，一旦你将车销售给消费者，当后者在适宜环境下体会到自动驾驶的种种好处，你就很难再影响他们。

随着自动驾驶汽车技术的提升，需要人类介入的情况会越来越少，这将加剧过度信任的问题。因为用户会这样说，“它之前不需要我接手，现在也不需要，未来也没有这个必要。”

从某些方面来说，最糟糕的情况是：一辆自动驾驶汽车每行驶 20 万英里才需要人类接手一次，而一个平均行驶里程为 10 万英里的普通司机则很难遇到需要自己接管的情况。但有时，当汽车突然发出预警，提示需要司机接手，对于一个已经很久没有碰到过这种情况的司机来说，可能会因为完全信任汽车，而疏于准备。

因此，我们也担心：我们做得越好，过度信任带来的问题就会越大。

3. 自动驾驶汽车需要比人类司机更懂驾驶，那怎样才算是足够好？

问：你认为 Level 5 级别的全自动驾驶现实吗？或者说可能吗？

Pratt：我认为是可能的，目前我们的标准参考的是人类司机的标准。

我在发布会上也提出了这个问题：“我们应该使用怎样的标准来判断这个系统要达到什么水平？”我认为这是非常重要的，但现在还没有答案。目前，自动驾驶汽车离“完美”还需要很长时间，因此不可能完全避免事故的发生。

如果自动驾驶系统的驾驶水平比人类好 10%，社会能接受吗？还是说要好 10 倍才会被社会接受？我不知道。

老实说，作为技术工作者，我们并不能告诉大众这个问题的答案，这个角色是属于政府、属于每一个将会被影响的人。“能够拯救一个生命才算足够好。”或者说，“只有当它比人类驾驶好 10 倍时，我们才会接受它。”我不确定。但我认为，在有答案之前，我们必须非常谨慎：不要引入不符合社会预期的技术。

在谈到自动驾驶汽车安全时，我有时也会和别人一样，试图证明“就算自动驾驶汽车将安全系数提高了 1%，我们也应该推广它。”从理性的角度来看，这是正确的，但也是一件感性的事情。

人类并不理性：如果将空难作为类比，毫无疑问，飞机是最安全的旅行方式，你应该永远不需要担心空难。但飞机也可能会失事。当看过空难之后，我们的恐惧会被放大，然后开始担心自己搭乘的飞机是否也会失事。

理性地说，这种担忧毫无意义：汽车的事故率要比飞机高得多，但是只要飞机失事就会被占据新闻头条，最后，我们开始担忧飞机而不是汽车。

对于人类驾驶造成的事故，我们可能会想，“这可能发生在我身上，我也可能犯这样的错。”如果是一台机器，我担心人们并不会因此产生同理心，因为他们只会希望这台机器是完美、不会出错的。我们知道，AI 系统，特别是基于机器学习的 AI 系统，并不是十全十美、毫无缺点的。

由于通过传感器获取的外部信息维度太大，汽车会接收以前从未训练过的信息，我们期望它能够根据这些信息对周围环境做出合理认知。

每隔一段时间，当我们取得新进展时，就可能因为认知系统的错误，导致事故发生。当事故发生后，我们能够说什么？我们又要责怪谁？我们不知道这个答案，但这是一个非常重要的问题。

4. 机器学习以及“The Car Can Explain”项目

问：前谷歌自动驾驶汽车负责人、现 TRI CTO James Kuffner 在 CES 上谈到了云机器人。自动驾驶汽车不可能完全避免事故，但是每当事故发生之后，汽车厂商能否查出事故的原因，并及时给推送软件更新，防止此类事故再次发生？

Pratt：我认为这是很有可能的。

实际上，如果做不到这一点才会让人惊讶。我们有非常详细的驾驶日志，来记录车祸时的情况。你问了一个很有趣的问题：我们能够找到真正的事故原因吗？

为什么说有趣呢？因为机器学习系统，特别是深度学习，虽然有很强悍的性能表现，但实际上它并不会通过分析得出答案，也正是如此，才让寻找事故的原因变得非常困难。

我们在 MIT 以及其他地方都有研究，希望能够在这方面取得进展。目前我们资助 MIT 教授 Gerald Sussman 的一个项目——“The Car Can Explain”，就在做这一方面的研究。

日志就在那里，但是谁才应该为错误负责？这是一个更难的问题。我们能做些什么来确保这种错误不会再次发生？“我今天修补了这个漏洞，明天又修补了另一个漏洞……”但是这个系统太过庞大，很多地方都可能会出现问题。

事实证明，测试、测试、测试是最重要的事情。在全球范围内，汽车行驶的总里程约为 10 万亿公里。因此，如果你只测试几百公里，它很难覆盖到所有情况。你需要通过另一种方式来提升它的能力，解决这个问题——加速模拟测试就是其中关键一环。我们不会模拟那种完美情况：风和日丽、交通顺畅，我们要模拟的是恶劣的天气和环境。

Rod Brooks 有句话说的很对：“模拟是通往成功的必经之路”。同时，我们很清楚模拟的种种缺陷，因此我们也做了很多路测来验证模拟的结果。我们也会使用模拟器测试一些不属于常规测试的项目，这些项目很可能是事故发生的原因。

比如，当一辆自动驾驶汽车碰到路怒症司机，就算那个司机不遵守规则，不按常理出牌，自动驾驶系统也需要做出正确的决策。

我们不会在现实中反复测试这种情况，因为大多数时候都是以撞车而收场。我们会隔一段时间测一次，同时，通过模拟来增强自动驾驶系统的性能，不过这个模拟的过程非常困难。最终，这将我们带到了另一个领域：形式化方法（formal methods，适合于软件和硬件系统的描述、开发和验证）。

我们希望将模拟和形式化方法结合起来，但最终还是需要路测。深度学习是很了不起的方法，但是它并不能保证所有输入和决策行为都是正确的，想要确保它们都正确也是一件非常困难的事情。

5. 模拟人类司机可能会做出的疯狂行为

问：不论是什么级别的自动驾驶汽车，对于它们来说，人类都是最不可控的因素。每次路测，都会遇到各种人类行为，你们是如何模拟这些只有人类才会做的疯狂的事情？

Pratt：其实这和我们模拟天气或交通状况类似。想要完全模拟人类的行为很难，因为每个人都一样，存在太多可能性，但我们认为这在某种程度上是可行的。

作为一个司机，我们可以利用心智理论（一种能够理解自己以及周围人类心理状态的能力）想象其他司机驾驶时的行为。

首先，在自己的头脑里模拟一遍，比如当我们碰到“four way stop”（每个方向都有停车标志的十字路口）时，假如我是司机，会怎么做？心智理论意味着模拟是一件可能的事情，因为我们能够通过建立统计模型来预测其他人会有怎样的行为。

问：有时候，人类作出的反应并不一定就是安全的行为。你们如何教一辆汽车在这样的环境下做决策？

Pratt：这是一个很有趣的问题。

当你在高速公路上行驶时，如果最高限速是 55 英里/小时，你是会开到 55 英里/小时？还是和周围司机差不多的速度？什么才是最安全的？

我不想给出一个官方回答，但这是一个难题，我们也与丰田法务部门探讨过这个问题。他们也认为很难给出一个确定答案。

6. 计算机硬件需要一场革命

问：在新闻发布会之后，您提到了一些关于如何为电动汽车中的车载计算机供电以及如何散热是一个大难题。我们一直专注于自动驾驶汽车在决策制定方面遇到的困难，但还有哪些方面也是需要我们弄清楚的？



Pratt：我喜欢这个领域，是因为我身后有一支专攻硬件的队伍。

过去，我研究过神经生理学。计算效率非常重要，我们大脑的功耗只有 50 瓦，然而大部分的自动驾驶系统功耗高达几千瓦。我们大脑不止在处理驾驶这一件事情，而是会同时思考其他事情。或许，真正分配给驾驶的也就 10 瓦。

目前我们还不知道给自动驾驶汽车配备多高的计算性能才算是合适的。很有可能，我们将计算性能提高 10 倍，自动驾驶系统的性能并不会提升 10 倍，而只是有明显改善。如果我们将计算性能提高 100 倍，或许自动驾驶系统仍然有提升空间，并有所改善。

自动驾驶系统的性能会持续提升，但我不知道这会是一条怎样的增长曲线。因此，除了软件、测试等工作，我们还需要重新设计计算机硬件，让它变得和我们的大脑一样高效。

至于你提到的其他需要解决的问题，我认为传感器还有很大的发展空间。

激光雷达确实很不错，但是还有很大的改善空间。比如，采样密度仍然较低，在探测远处的汽车时，并不能和人类视觉相提并论。又比如，对于 Level 3 级别的自动驾驶汽车来说，需要预留时间让司机作出反应——除非你的传感器能够探测到并理解远方发生的事情，否则不可能提前提醒你。



此外，传感器还需要便宜、防震，并且能够持续工作 10 到 20 年。大多数人认为汽车的质量不高，实际上是非常高的。我曾经在 DRAPA 做过很多军用规格的产品，但是想要达到与汽车相当的质量是非常困难的。

比如摄像头，汽车可能需要在沙漠或者阿拉斯加等不同的环境中行驶，那么就会有盐、锈等腐蚀性物质，甚至屏幕被灰尘覆盖等各种情况。因此想要保证汽车传感器在不同的环境下持续正常工作，这是相当困难的。

我认为，这个领域的技术人员普遍有一个共同的愿望，那就是媒体、特别是公众能够更好地被教育，真正理解这个行业正在发生的事情。比如像“完全自动驾驶”这种措辞就很容易被误解。“完全”意味着什么？其实有很多意思。

因此最好不要说，“因为我们想要挽救生命，所以我们需要自动驾驶汽车”。其实还有很多辅助人类司机的方法。大多数时候这些辅助系统不会被激活，只会偶尔给个警告或提示，如果有必要的话，再从司机那里接管汽车。这种系统不需要所有情况都能胜任，只需要能处理最坏的情况就可以了。

7. 人和机器：到底谁该守卫谁？

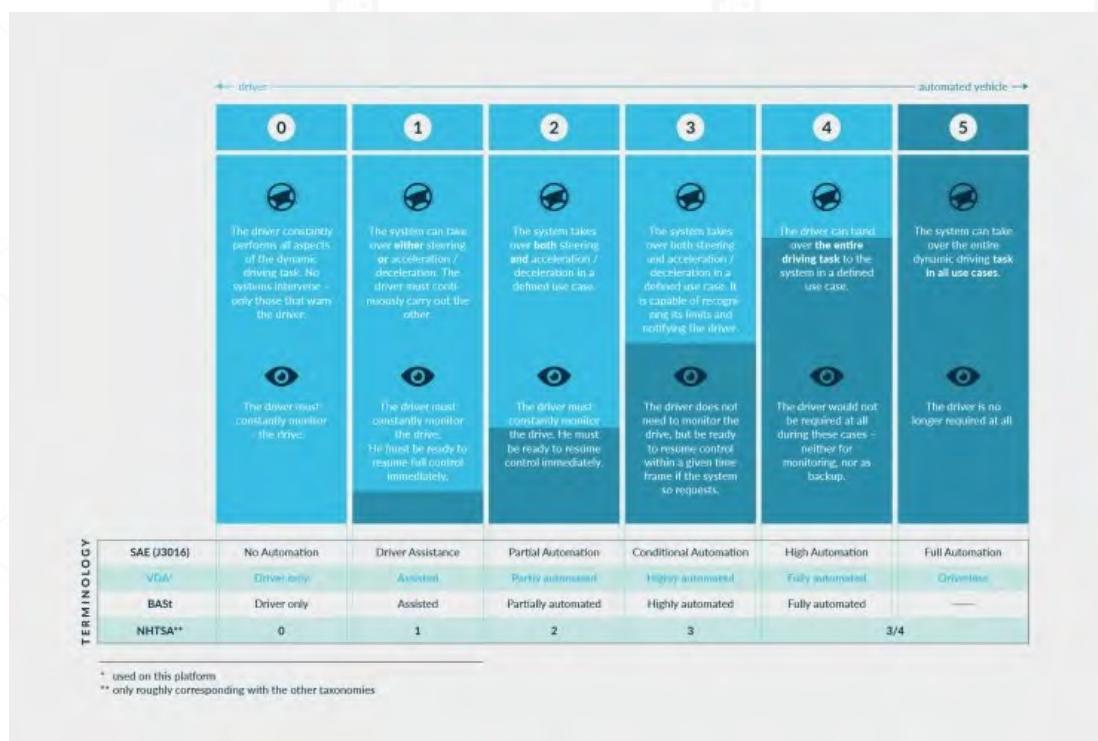


问：目前机器擅长的往往是人类不擅长的，比如需要时刻集中精神，注意前方的车辆，或者车道。这种说法对吗？

Pratt：很正确，人和机器是互补的：机器能够一直保持警惕，不会疲倦，人类则擅长处理复杂的情况，这正是机器的弱点。那么，我们怎样才能让这两者互补，而不是互相冲突？换一种思考方式就是：到底谁该扮演守护者的角色？是自动驾驶系统，还是人类？

目前想要让机器守护人类需要达到的标准还很高，我们的目标是让人类最终并不需要再担忧什么，把一切交给 AI 就好。这也是为什么丰田会采取齐头并进的模式。

很多公司来 CES 参展其实都是来卖车、卖技术的，但丰田并不需要推销，我们希望利用这个机会来教育用户。



读懂智能 & 未来

问：目前 NHTSA（美国国家公路交通安全管理局）只划分了 4 个等级，对吗？

Pratt：是的。NHTSA 只有 4 个等级，但是 SAE (Society of Automotive Engineers, 美国汽车工程师学会) 非常聪明，他们将 Level 4 进一步划分成 Level 4 和 Level 5。Level 5 在何时何地都不需要人类接管，而 Level 4 在某些情况下需要人类接管。除此之外，他们在本质上是相同的。

虽然 SAE 的划分没什么问题，但一直被大众误解。目前，很多 Level 2 都被称作 Level 3，这其实是错误的。而 Level 3 的关键在于不需要人类一直监管。

问：当司机不能接管时，是否有备用计划（Plan B）？我记得 Freightliner 在介绍他们的自动驾驶卡车时说：如果司机不接管，就会直接停在高速公路上，因为它不知道该怎么做。

Pratt：在 SAE 的分类里，并没有提及备用计划，比如当车必须停下来时，应该停靠在哪里。我在新泽西州长大，那里的很多高速公路都没有可以停靠的地方，那么你要怎么做？这也是难点之一。

此前，有人建议说可以通过远程操控来解决：当自动驾驶汽车陷入困境的时候，它就会自动转接到某个呼叫中心的远程司机，让他接管。首先，这必须要有足够快速、稳定的网络，还要没有黑客，没有自然灾害。最重要的是，一个在呼叫中心的工作人员能够瞬间作出反应，接管并处理问题吗？人类不可能一直保持警惕，这是人类的弱点。人类也不擅长及时并正确地处理突发事件。

我并不是说这完全不可能，而是这个过程可能非常困难。

师从李德毅、李克强，清华无人车领队 张新钰详解智能驾驶进程、关键技术及 产业化发展

作者：张伟

导语：回顾了智能驾驶的发展历史；详述了智能驾驶的关键技术；深入解读了智能驾驶产业化的挑战与方向；最后，还将自己数十年在清华团队所做的关于智能驾驶的研究和成果如数分享。



*清华大学猛狮智能车团队（后排左三为张新钰）

雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾按：作为清华大学智能车“猛狮”团队（由中国工程李德毅院士及清华大学李克强教授指导）负责人，张新钰在 2016 年带领车队拿下“中国智能车未来挑战赛”城市赛段亚军，虽然与冠军失之交臂，但这也是对他数十年智能驾驶研究成果的证明。在这漫长的生涯里，他参与研发了国内首辆无人驾驶快递车以及奇瑞-百度智能车的底层智能系统。2015 年，其带领的团队所研制的智能公交车在河南郑开大道顺利完成了开放城际道路环境下的智能驾驶，这是世界上第一台智能驾驶公交车正式路测。

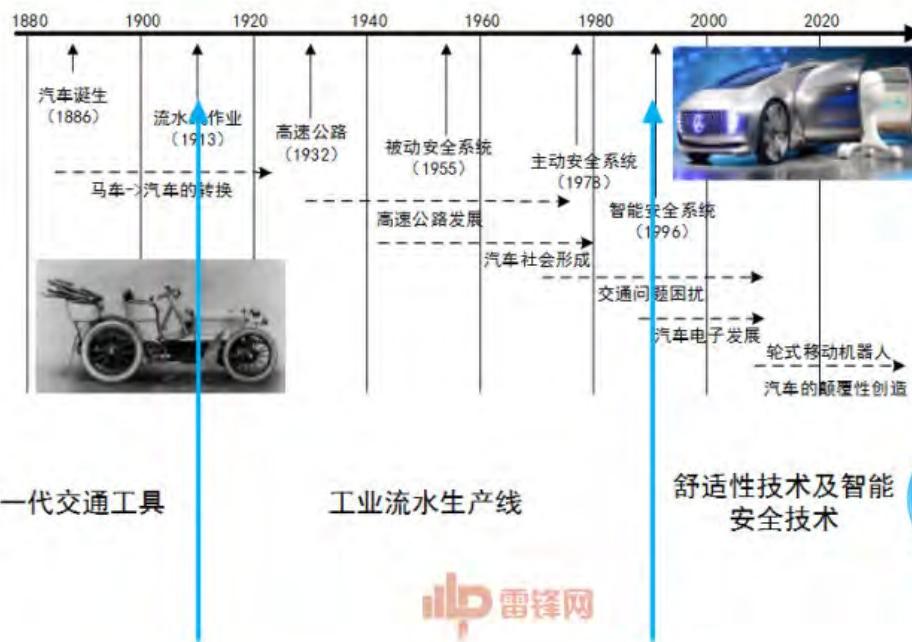
正是因为在智能驾驶领域的多年积累，他近期受邀到中国图象图形学学会主办的“智能驾驶与机器视觉”讲习班展开分享。回顾了智能驾驶的发展历史，详述了智能驾驶的关键技术，深入解读了智能驾驶产业化的挑战与方向，最后，还将自己数十年在清华团队所做的关于智能驾驶的研究和成果如数分享。

以下为张新钰分享精华内容，雷锋网新智驾独家整理奉送（有删减）。

一、自动驾驶发展历程

汽车产业已经经历了 100 多年的发展，而中国业已成为全球第一大汽车市场。回顾历史，我们可以发现汽车产业经历了几次较大的变革。

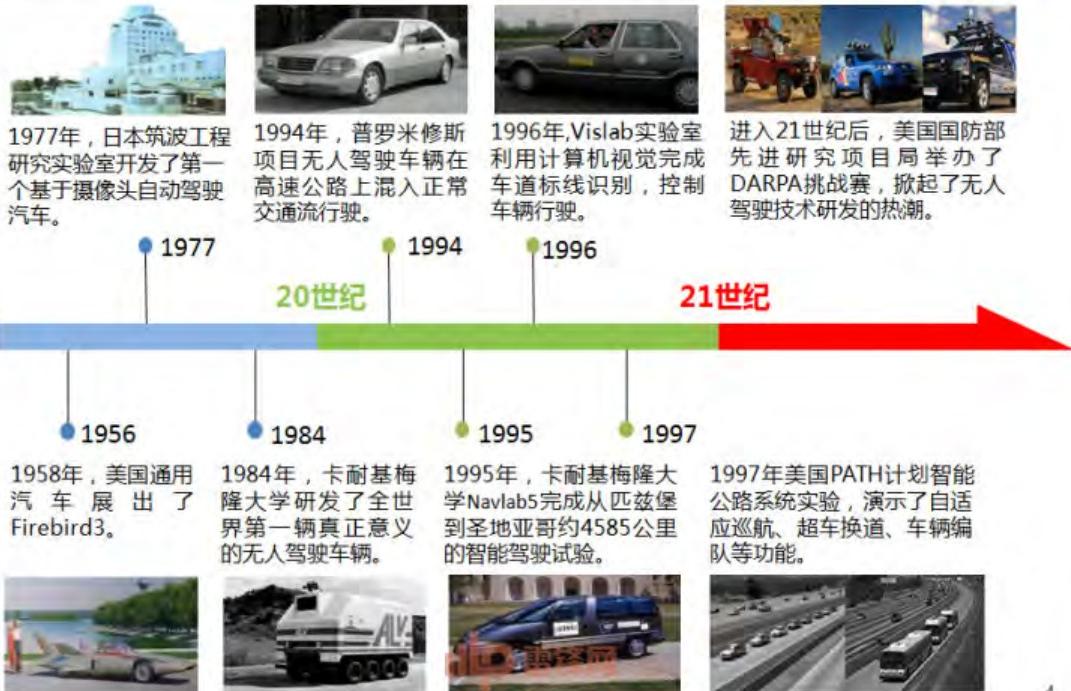
1.1 汽车工业发展历程



100 多年前，汽车代替马车，成为新一代的日常交通工具，随着汽车的普及，汽车的形态及生产工艺也在不断进行突破。后来，汽车安全性能越来越受到重视，无论是被动安全还是主动安全，都有不断进行探索的先驱。随着汽车电子、通讯技术以及人工智能的发展，汽车俨然要成为下一代的移动终端。

智能驾驶也在这一进程中不断发展。也许我们对开始于美国莫哈韦沙漠的 DARPA 无人车挑战赛已经很熟悉了，很多人都将这一赛事视作无人驾驶人才的“摇篮”，但殊不知，关于无人驾驶，其研发在世界范围内已有很长的历史。

1.2 智能驾驶发展史



4

1.2 智能驾驶发展史



5

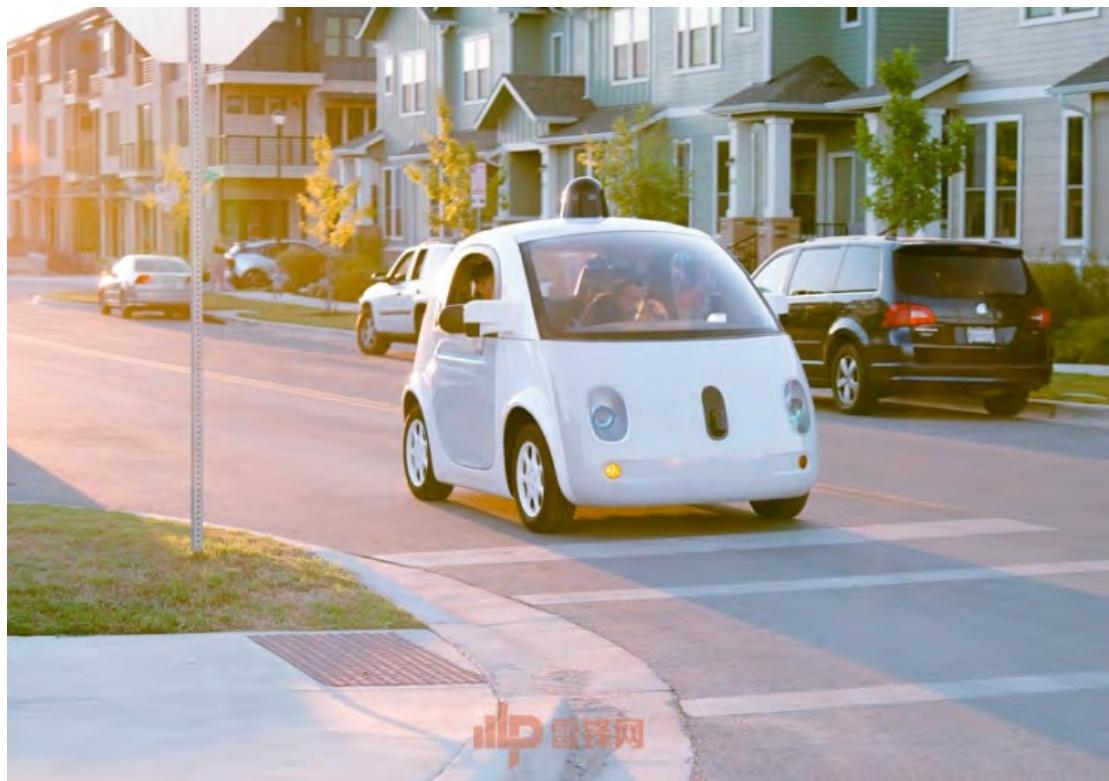
1.2 智能驾驶发展史



从以上智能驾驶发展的历程来看，无论是互联网科技公司、车企、Tier 1，还是自动驾驶传感器、系统解决方案创新公司，亦或是高校、科研机构，全都加入到大潮之中，资本、人才亦迅速涌入。

现在，人们谈论最多的、市场声量最大的，国外当属谷歌，而国内则是百度。谷歌研究无人驾驶已经有 10 多年的历史，而百度，近来声势浩大的要 All in AI，最重要的方向当然还是智能驾驶，“阿波罗计划”（Apollo）便是其最重要的战略。百度要成为智能驾驶领域“安卓”的野心昭然。

为了早日实现商业化落地，谷歌无人车独立出来以 Waymo 品牌存在。后来，那辆广为流传的“萤火虫无人车”也在不久前宣布退役。



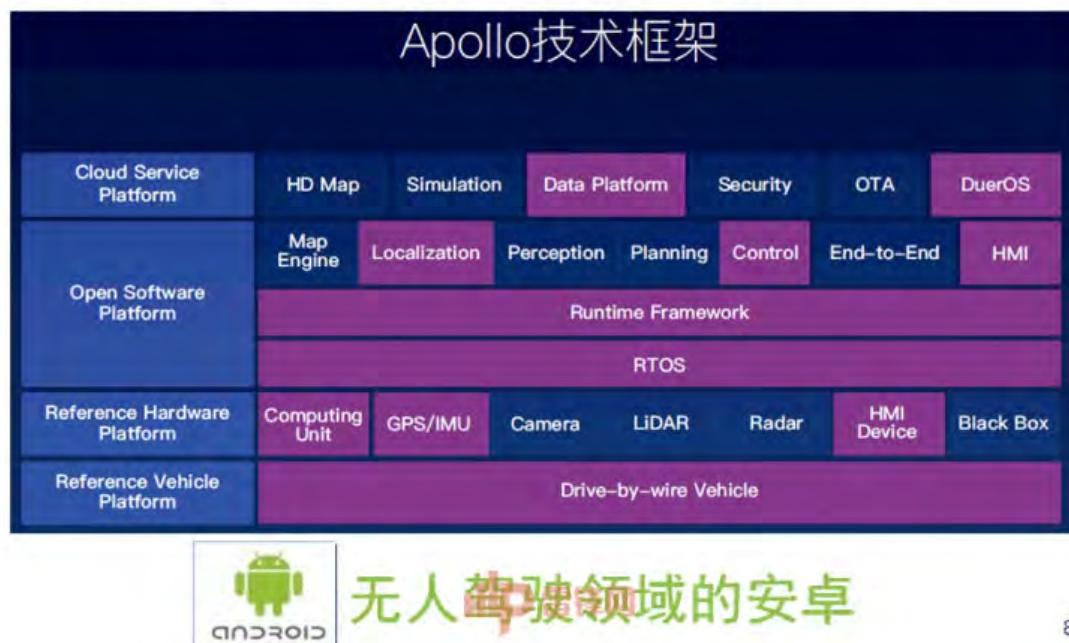
雷锋网

百度如今大肆推广智能驾驶，通过“阿波罗计划”向外界开放其代码。但智能驾驶汽车是人坐的，一般人都会考虑其安全性，要让所有人接受这一新生事物，是非常艰巨的任务。

1.3 百度Apollo计划



2017年4月19日，百度发布一项名为“Apollo”的计划



8

1.3 百度Apollo计划



从“阿波罗计划”的开放路线图可以看到，自2017年7月，百度开放了其自动驾驶基本平台，开放的内容主要是封闭场景循迹自动驾

驶。张新钰觉得，这种技术目前自动驾驶公司、高校已经有基本的技术原型。

到第二步，百度想推广固定车道的自动驾驶，这才是比较关键的。它要公布高精地图、传感器等一系列感知、定位技术。

然后是真正意义上的自动驾驶，这个就更加遥远了，如果到今年年底百度能把这块开放，那么说明“阿波罗”真是一个很开放的平台。

从自动驾驶的上层技术来看，百度在国内处在领先位置。2015年12月，百度的自动驾驶汽车在北京五环上进行了测试。

在那辆自动驾驶汽车上，装配了一个64线的激光雷达
 (Velodyne)。这种架构基本上是现在国内的高校以及科研机构或创业型公司所采用的，用高精度的激光雷达方案做自动驾驶。这套设备的成本大概在130、140万人民币左右。当时，百度说3年后(也就是2018年)实现商业化，现在看来还有很大困难。

目前，谷歌的自动驾驶汽车已经可以在乡村道路以及复杂路况下运行，但百度依然是在高速上实现自动驾驶。所以，从技术上看，张新钰个人觉得现阶段肯定还是谷歌的水平要更高。

但是，不管是谷歌还是百度，亦或是很多车企，现在遇到了同样的问题，那就是“自动驾驶落地”。其中，阻碍因素有这样几个方面：

1.4 面临的问题



- 以感知为主的传感器设备的精度不高，在完全开放的环境下，由于天气、关系、突发的路况，无法实现100%的安全，**技术鲁棒性不足。**
- 以激光雷达为代表的核心**传感器成本**仍是商业化量产的最大阻碍。
- **政策、法规及车辆联网基础设施**的建设是一个复杂的系统工程。



传感器层面，无论是图像、摄像头、雷达还是 GPS，在一般环境下，由于天气、气候或者突发情况，不可能保证 100% 安全。而谈起激光雷达，虽然它感知环境的效果最好，但“贵”是最大的问题。



张新钰介绍，百度采用的 64 线激光雷达价格大概在 60 万人民币左右，谷歌所使用的 32 线激光雷达，成本大概在 33 万人民币。而 Quanergy 的 S3，作为固态激光雷达，其成本虽然据称已经压缩到了几百美元至上千美元，但具体效果还没有确切的说法，因为企业还未用其产品进行测试。

而在政策法规问题上，美国很多州已经允许自动驾驶汽车上路，但国内依然未开放。比如 7 月 5 号，李彦宏乘着自家的自动驾驶汽车上了五环，立马被交警部门调查。政策对于自动驾驶的支持非常重要，政府需要站出来。

此外，实现自动驾驶，还需要车与车、车与路、车与周围更为广阔的环境进行信息的感知和交互。这一块国内基本上是空白，可能有些试验场有这样的设施，但为数不多。

张新钰认为，只有这三个方面的问题解决了，才能考虑自动驾驶汽车落地的问题。

二、智能驾驶关键技术

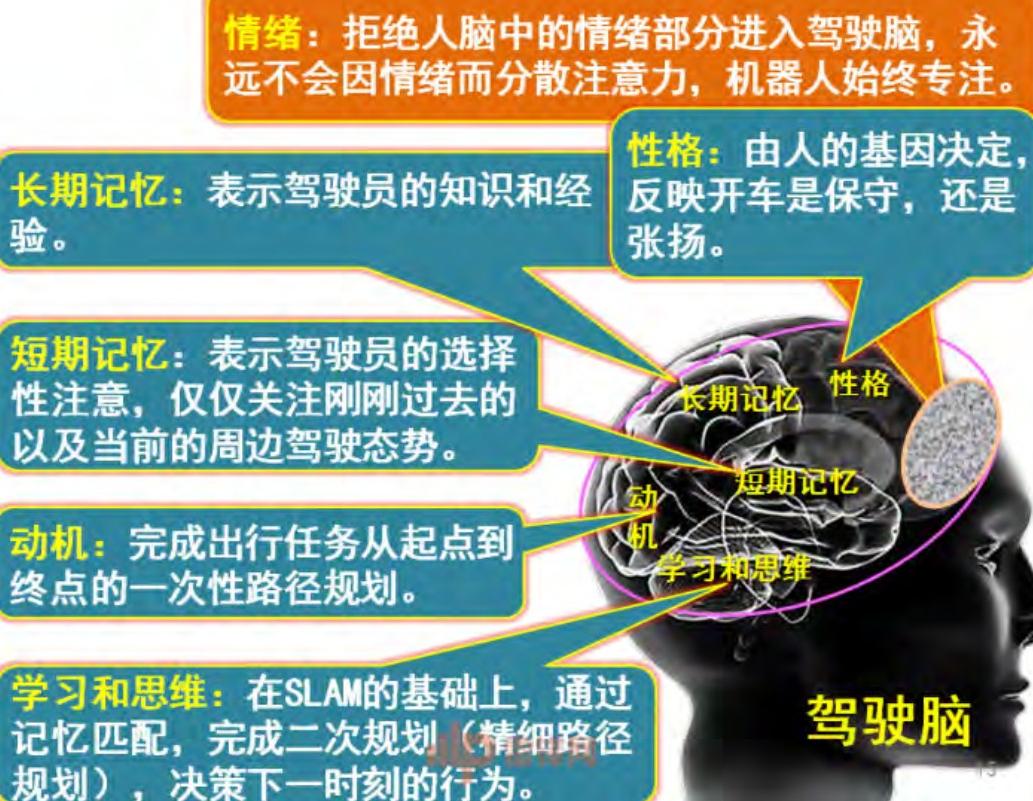
其实，做智能驾驶，就是让机器仿照人类去驾驶，我们要思考的是如何按照脑科学的发展来做智能驾驶。

2.1 驾驶认知形式化

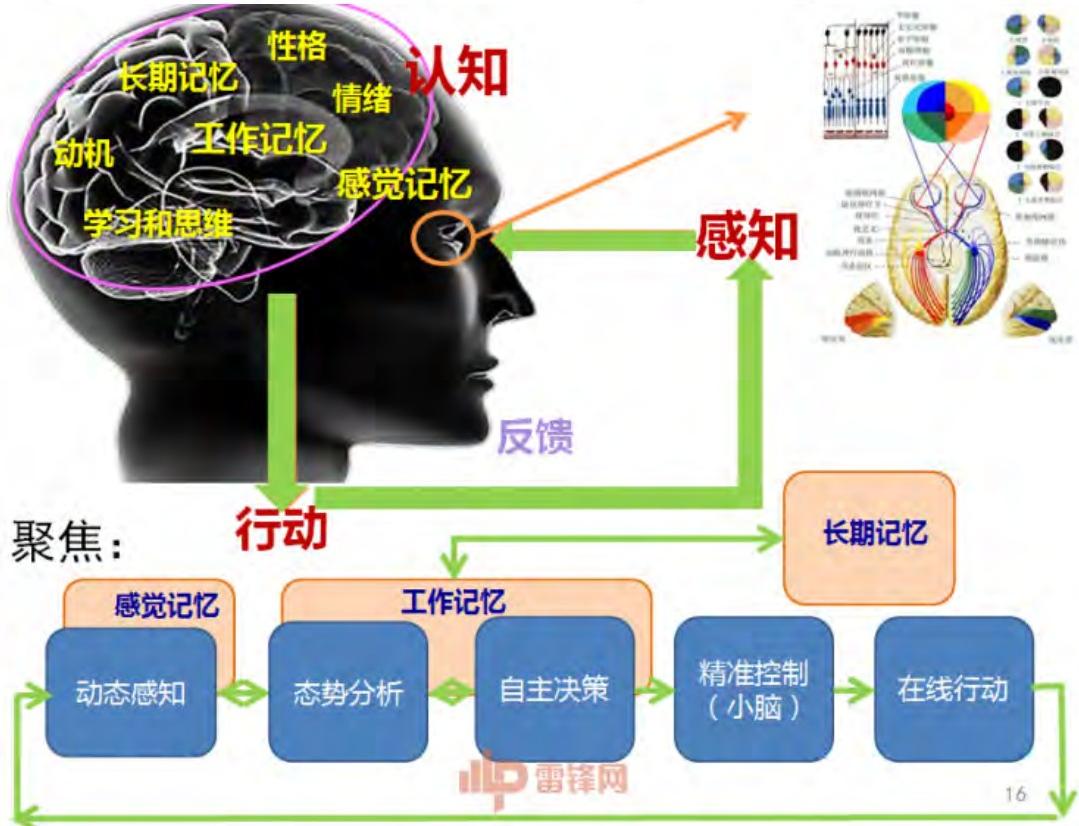


从人的视听觉感知切入研究脑认知，用机器模拟人脑对安全驾驶的自学习和驾驶技能积累能力，模拟人脑对驾驶环境的感知、认知、决策和行为控制。**尤其重要的是驾驶脑并不模拟在驾驶过程中与安全驾驶无关的驾驶员的其它认知活动，如机器驾驶脑对路边美女、对周边车辆品牌等的认知，都不会有任何兴趣！**

人脑是由性格、情绪、长期记忆、短期记忆、动机以及学习和思维组成的。



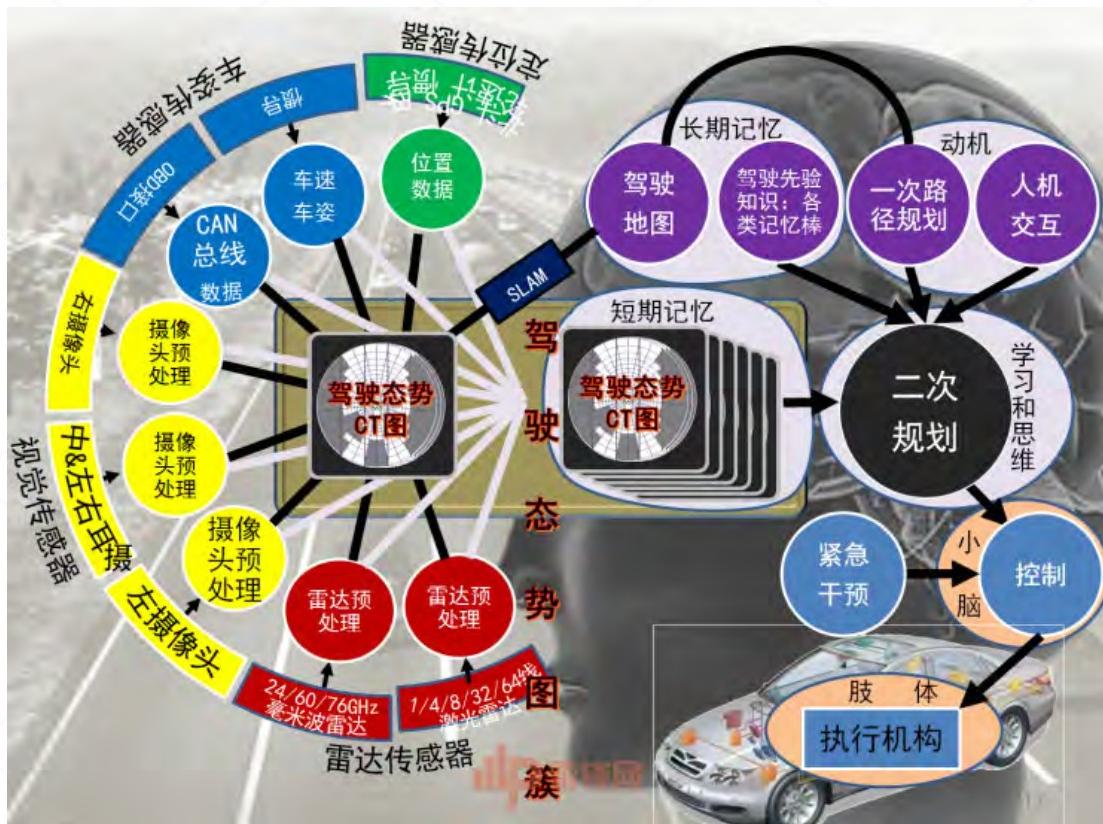
如果以人脑来类比“驾驶脑”，智能驾驶其实形成的是这样一个框架：



一般来说，人在驾驶的时候，其实是将认知、感知（驾驶过程主要通过眼睛来看）、行动（执行人脑一些行动）和反馈（反馈到人眼里面）进行了一个循环。

智能驾驶也一样，首先有动态感知（通过感知记忆），然后到态势分析（包括长期记忆的进入）、自主决策，之后是精确控制（就是我们的小脑），再到行动——形成一个循环过程。

基于此，我们提出了关于智能驾驶过程的流程图。



这个流程中，传感器充当了人类眼睛的角色。其中包括雷达传感器（激光雷达、毫米波雷达）；视觉传感器（左、中、右摄像头）；车姿传感器（惯导IMU、OBD接口）；定位传感器（GPS、北斗、轮速计）。

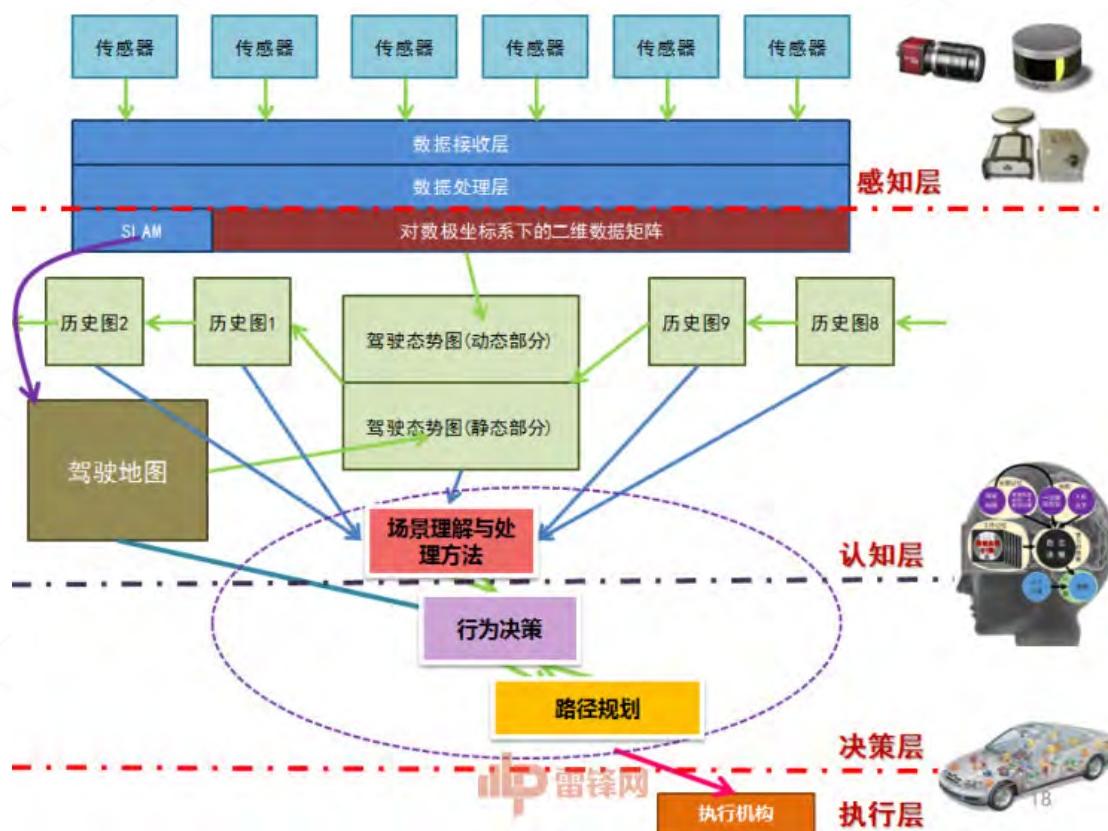
传感器感知到的数据会每隔一段时间形成驾驶态势图，每100毫秒形成一个驾驶图簇，构成车辆的短期记忆；长期记忆则包含了驾驶地图以及各类驾驶先验知识；而动机就是智能驾驶的某个路径要求，可以通过人机交互传达给车辆。

通过短期记忆、长期记忆以及动机不断相互作用，车辆形成了“二次规划”——学习和思维，其实就是人类思考的过程。

这些规划再辅以一些紧急干预的操作，就形成了控制的策略（类似于人小脑实现的功能）。

最后到执行机构——智能驾驶车辆。

可以看到，按照脑认知结构研究智能驾驶，它有感知域、认知域、执行。这是一个以认知为中心的智能驾驶的全域过程，可以分层看一下：



而在以上四个层面上，现今也有很多需要车企、技术公司去解决的关键技术问题。

2.2 技术挑战



实现智能驾驶认知，需要解决以下问题：

环境感知需解决环境适应性、准确性、鲁棒性和实时性	应对复杂环境不确定性、卫星定位易受遮蔽、抗干扰能力不强等	
感知	认知	
现有方法对复杂、动态、不确定环境的处理能力有限，轨迹规划实时性不强	车辆高性能控制和状态参数辨识的精度需提高	
决策	IP 控制	执行

19.

具体而言，这些关键性技术包含感知、认知、决策、控制和执行。

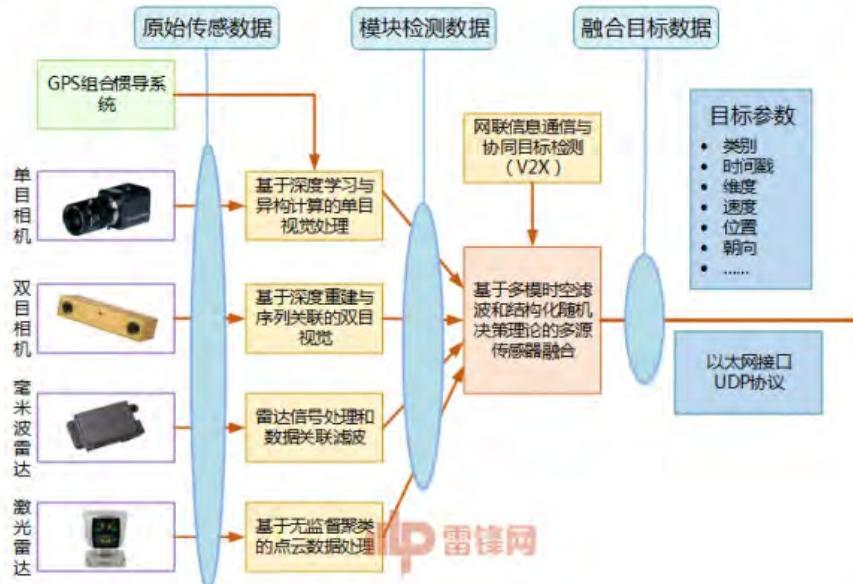


1、目标感知

2.3 关键技术：目标感知



在复杂行驶环境下自主式与协同式的动静态目标检测与跟踪
技术，重点解决检测的准确性、鲁棒性和实时性。



20

这块的内容包括在复杂行驶环境下自主式与协同式的动静态目标检测与跟踪技术，重点解决的是检测的准确性、鲁棒性和实时性。

传感器主要以单目相机、双目相机、毫米波雷达以及激光雷达为主，同时把 GPS 组合惯导系统的信息融入进去。针对不同的传感器，可以有不同的算法，进行深度学习与构建。

智能驾驶非常关键的一个点是“数据融合”。因为单一的传感器的适应性不够、精度不高，那我们就想办法把多传感器的数据融合到一起，进行目标的识别或者定位。

2.3 关键技术：目标感知



基于深度学习的视觉和LiDAR数据融合方法



- 1) 显著提高识别分类精度以及收敛速度；
- 2) 采用车载NVIDIA TX1 (15W) 运算可达120帧/秒；
- 3) 物体识别率提高将近5%

目前，清华猛狮团队也在做一些工作，比如数据融合，我们将相机RGB 图像与雷达数据进行融合，对人、车不断进行检测，用卷积神经网络做训练。

从下图可以看到，上部是摄像头拍下的 RGB 图像，下部是激光雷达的点云图像，进行融合后可以得到灰度图：

2.3 关键技术：目标感知



22

通过这种融合，可以提高目标检测和识别的能力。

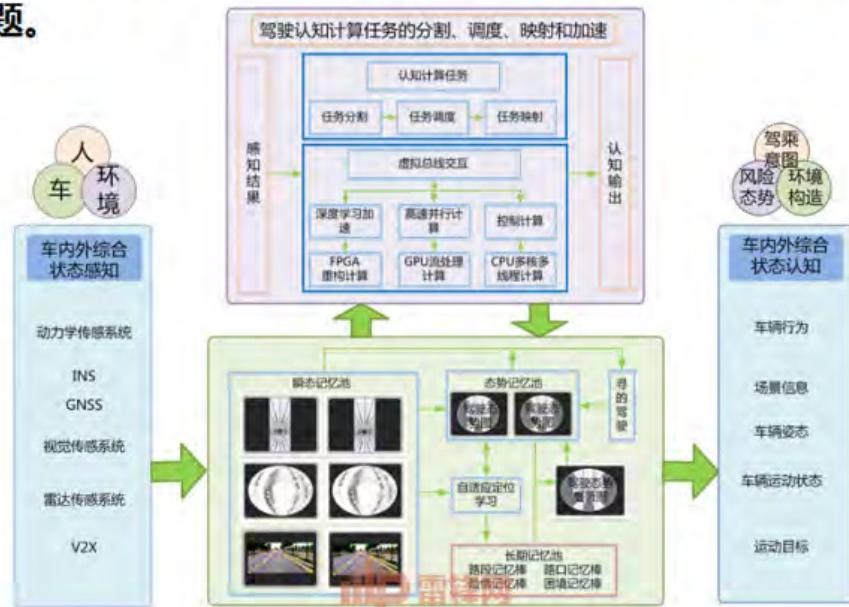
2、场景认知

这一块要实现拟人认知过程中场景理解、目标危险行为预判和轨迹生成预测问题。这其实是最难的，目前研究还不是很多。

2.3 关键技术：场景认知



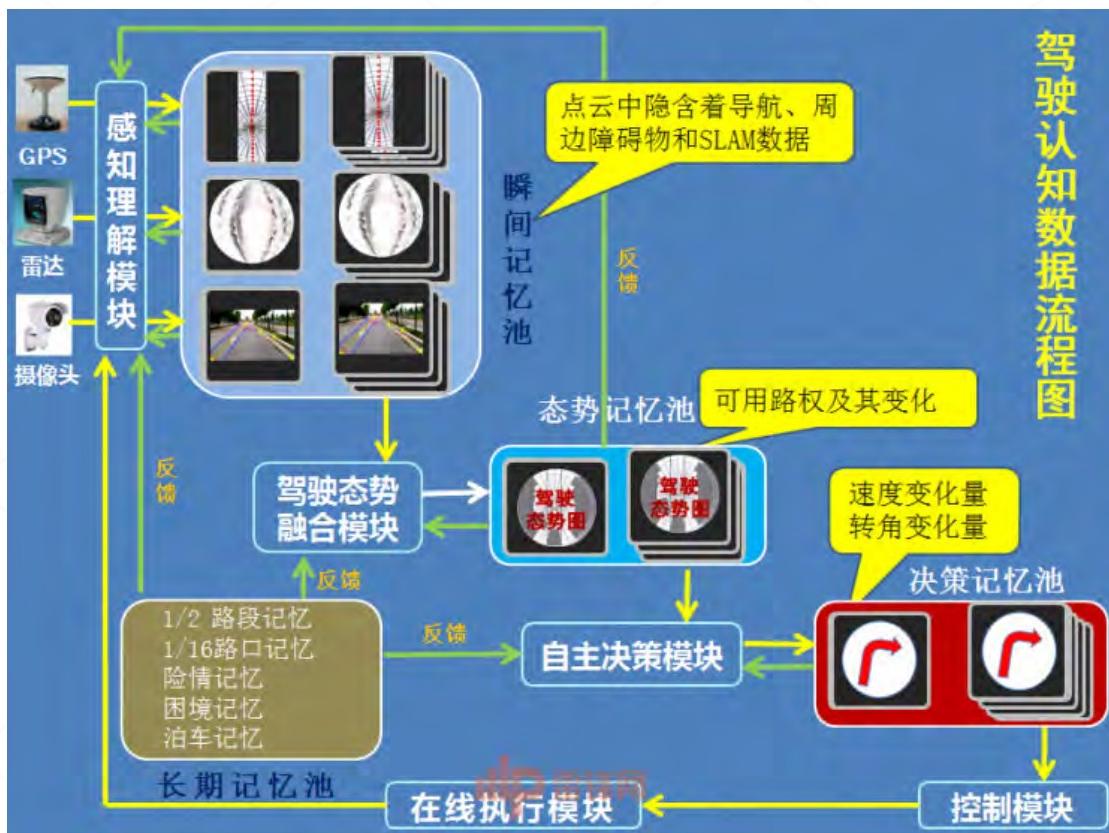
实现拟人认知过程中**场景理解、目标危险行为预判和轨迹生成**
预测问题。



23

我们首先通过车内外综合状态感知的**传感器**，获取数据后进入到瞬态记忆池，然后再态势记忆池，再到自适应定位学习，最后是长期记忆池。这样就形成了驾驶态势，最后输出到下一层——决策。

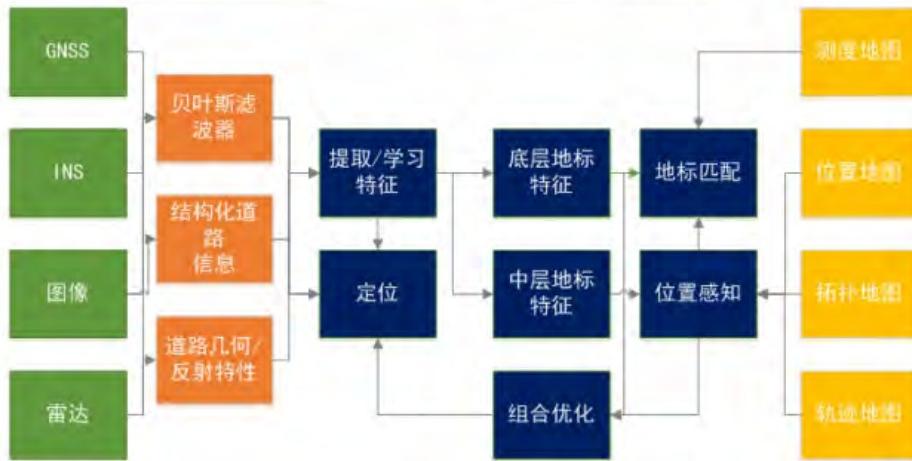
驾驶认知数据流程图



这个过程中，清华猛狮团队使用基于驾驶认知计算的分割、调度、映射和加速方法进行探索。这块是其目前做的硬件方案，这里需要使用一些工具，包括 FPGA、GPU 和 GPU 多核运算等，加快认知计算的速度，缩短认知输出所需的时间。

整个认知过程中，还有一个很关键的问题是智能驾驶定位的问题。

智能驾驶定位系统

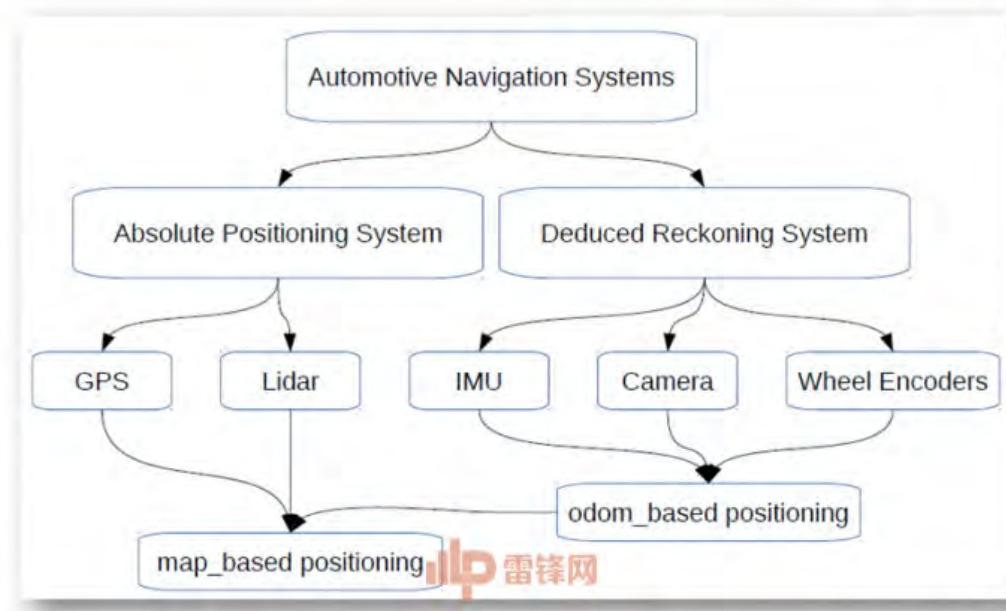


- 基于高精度RTK、CPS、MEMS IMU以及车辆动力学信息的最优融合算法
- 融合视觉、激光等多种传感器，实现多种传感器信息的误差消除、补偿和融合
- 多尺度定位地图自学习以及基于地图的高精度匹配和位置估计算法

现在智能驾驶定位麻烦的原因在于：

- 雷锋网
读懂智能&未来
- GPS 在很多地方没信号；
 - 价格也贵，GPS 要好几万，惯导 IMU 好一点的要 20 万人民币。

这块清华猛狮团队也做了些工作。



上图是一个智能驾驶定位系统，首先有一个绝对定位的系统，包括 GPS、激光雷达；还有一个相对定位的系统，有惯导 IMU、图像编码器以及车轮编码器。我们可以融合二者的信息来做定位融合，这样就可以大大降低成本，因为可以用低精度 GPS、雷达和惯导 IMU（便宜的几千人民币）。

当然，不同的传感器，在不同的条件下利用其产生的数据进行定位，效果是不一样的，组合形式则需要更多的尝试。

传感器数据定位比较



	Low Speed	High Speed	Indoor	Outdoor
GPS	★★★	★★★	★	★★★
Lidar Scan Matching	★★★	★	★★★	★
IMU	★	★★★	★★	★★
Visual Odometer	★★★	★	★★	★★
Wheel Odometer	★★	★ 雷锋网	★★	★

传感器数据定位比较



	x	y	yaw	v_x	v_y	v_yaw	a_x	a_y
GPS	√	√						
Lidar Scan Matching	√	√	√					
IMU			√			√	√	√
Visual Odometer	√	√	√	√	√	√		
Wheel Odometer	√	√	√	√ 雷锋网	√	√		

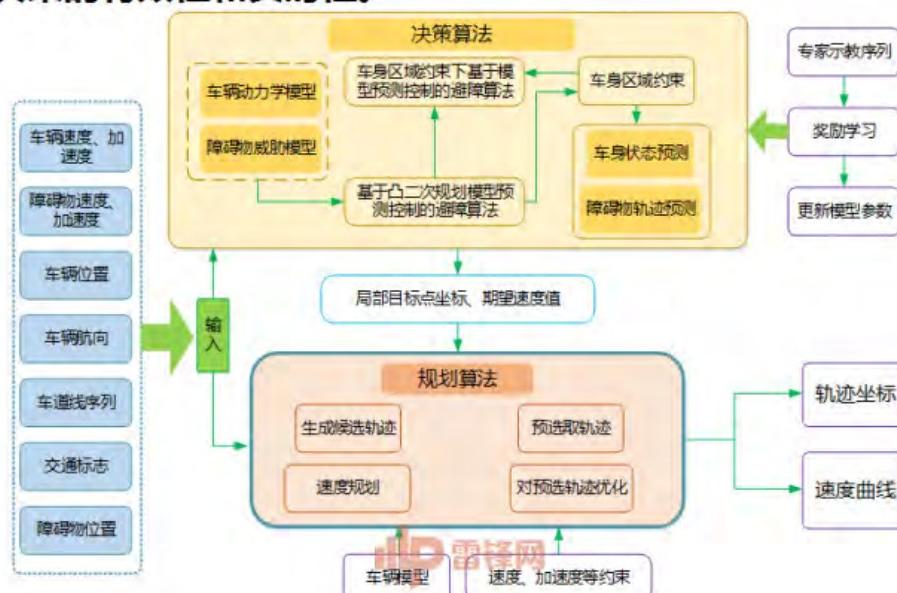
3、自主决策

感知、认知之后，我们需要做决策，要在动态场景中进行拟人行为的决策和路径规划及避障，需要解决决策的有效性和实时性。

2.3 关键技术：自主决策



动态场景中拟人行为决策方法和路径规划及避障方法，需要解决决策的有效性和实时性。



29

通过认知过程中的结果，把车辆的速度、加速度还有障碍物的速度、加速度都预测好，同时把车辆位置、车辆航向以及车道线的序列、交通标志等一切信息拿出来做决策算法的输入。其中包括车辆动学模型、还有障碍物的威胁模型。

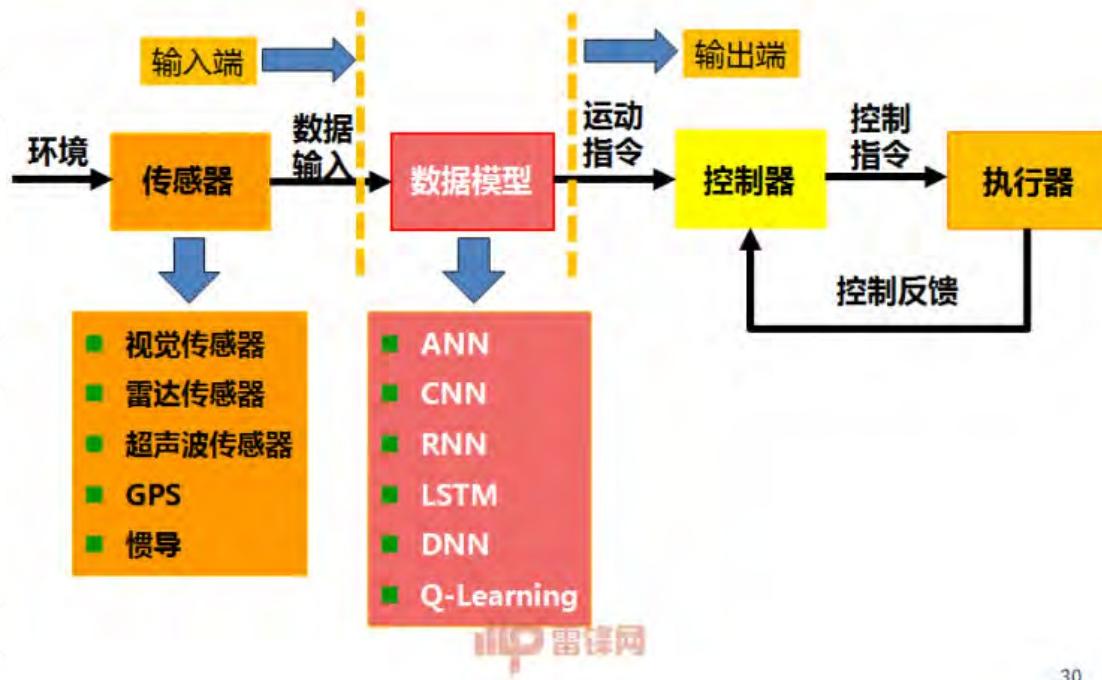
我们同时要把以前的专家示教序列、奖励学习以及更新的模型参数融入到决策算法中去，最后形成这种局部点坐标和期望速度值。

传感器的输入信息以及决策算法导出的信息共同作用于规划算法，再引入车辆模型，形成最后的轨迹坐标和速度曲线。

这是自主决策的一个过程。

张新钰和他的团队提出了“基于 AI 的自主决策”。

2.3 关键技术：基于AI的自主决策



30

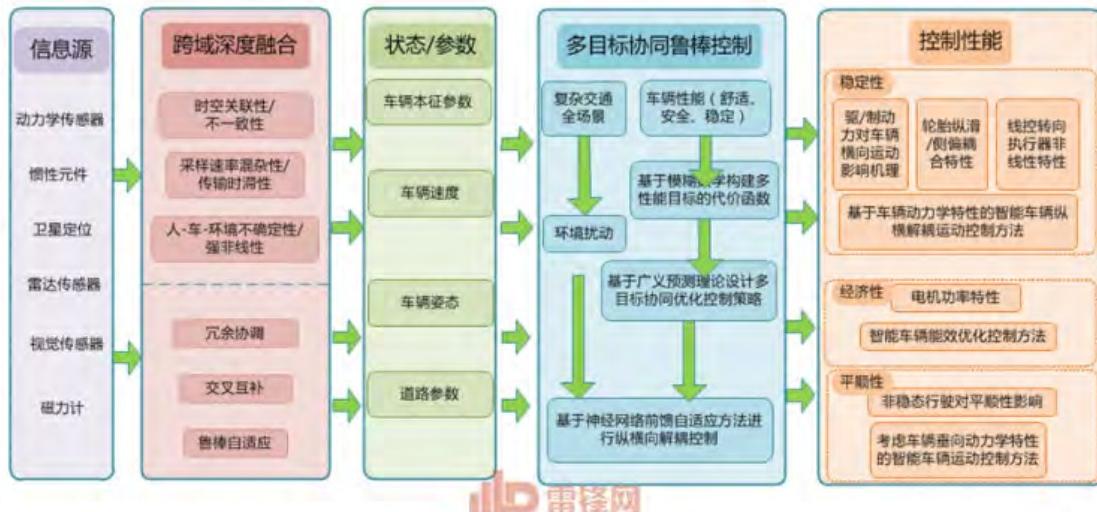
简单来说，传感器感知当前车辆内部与外部环境产生数据，数据输入到数据模型，数据模型会输出车辆的运动指令到控制器，运动指令包括加速度与方向盘转向角，控制器会将运动指令转化为控制指令输入到执行器，执行器执行指令后，产生执行反馈到控制器。张新钰团队的目标是通过神经网络学习出数据模型。

而在智能驾驶汽车的自主决策方面，协同控制也是一大难点。

2.3 关键技术：协同控制



全场景工况下车辆运动状态参数自适应估计方法和多目标协同控制问题，解决动力学控制的有效性和鲁棒性。



31

协同控制指的是全场景工况下车辆运动状态参数自适应估计方法和多目标协同控制问题，解决动力学控制的有效性和鲁棒性。

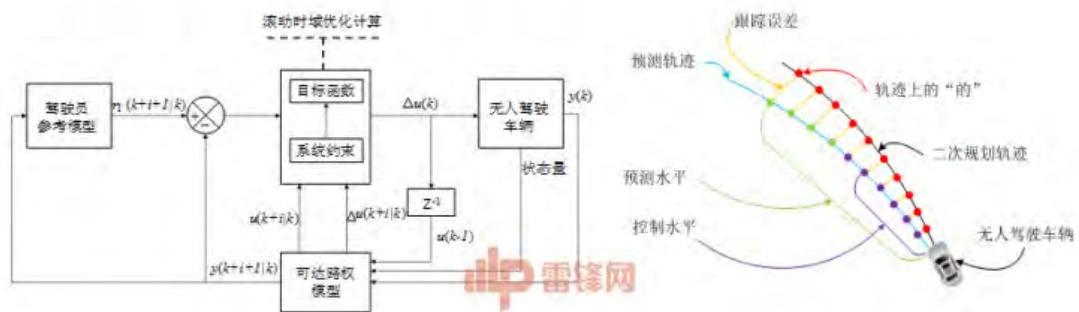
这个控制其实挺麻烦的，因为这个是底层的控制，它的非线性很难做。

现在比较流行的，主要是基于 MPC (Model Predictive Control) 的协同控制，大家了解比较多的。通过全场景工况下车辆运动状态参数的反馈和随时域滚动的 MPC，解决无人驾驶车辆纵向与横向的实时跟踪性，体现在随车而动的不同时域长度的预测能力上。

2.3 关键技术：基于MPC的协同控制

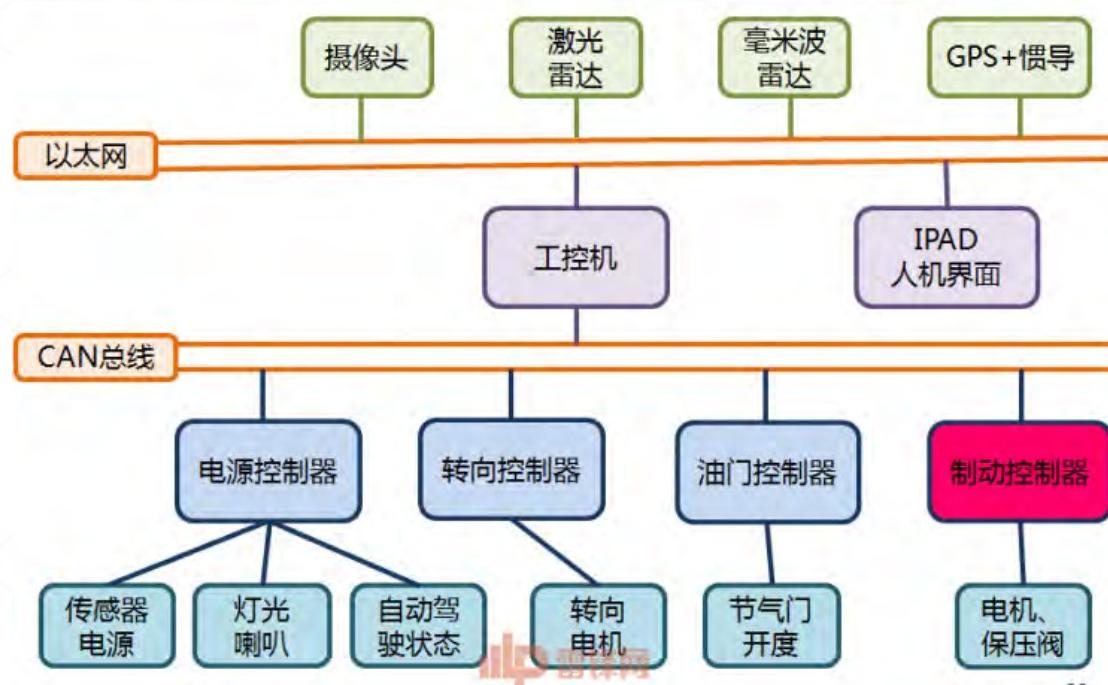


通过全场景工况下车辆运动状态参数的反馈和随时域滚动的MPC，解决无人驾驶车辆纵向与横向的实时跟踪性，体现在随车而动的不同时域长度的预测能力上。



4、精准执行

2.3 关键技术：精准执行



前面谈了很多感知、认知、决策以及控制层面的问题，最后还是要车辆本身去执行控制操作，如果车辆的执行力不行，那智能驾驶的功能实现肯定好不了。

对于智能驾驶汽车来说，要想很好地执行控制操作，在电源控制器、转向控制器、油门控制器以及制动控制器上都要进行一些改装。目前，国内在这块的技术都不是很成熟，这也是影响自动驾驶落地的重要因素。

互联网科技公司主要做软件，以工程机上层为主；而车厂其实以下层的组装为主，也就是 OEM，也不是那么懂车。像制动、油门和转向等这些领域，话语权依然集中在博世、大陆这样的 Tier 1 身上。

比如去年清华和长安合作进行的 2000 公里的自动驾驶路测，车辆的制动就是博世做的，国内现在能做这块的公司其实不多。

张新钰表示他的团队都是自己改装东西，改装一个阀去做制动，当然这都是手工做的，没量产。现在很多公司想创业，其实这块是很有意义的，但着实很难。

总的来说，像油门、线控转向这些技术都直接关系到智能驾驶车辆的精准执行，这些在目前来说也是制约智能驾驶落地的重要问题。

以上阐述的关键技术，基本上是针对单车智能，而智能驾驶是系统工程，涉及车与车通信、人车交互、多车间的交互等等。目前，单

车智能问题还未解决好，多车智能便不会成为重点。这可能作为未来五年到十年的研究方向，大家若有兴趣，可以关注。

三、智能驾驶产业化

接下来阐述一下智能驾驶产业化方面的问题。

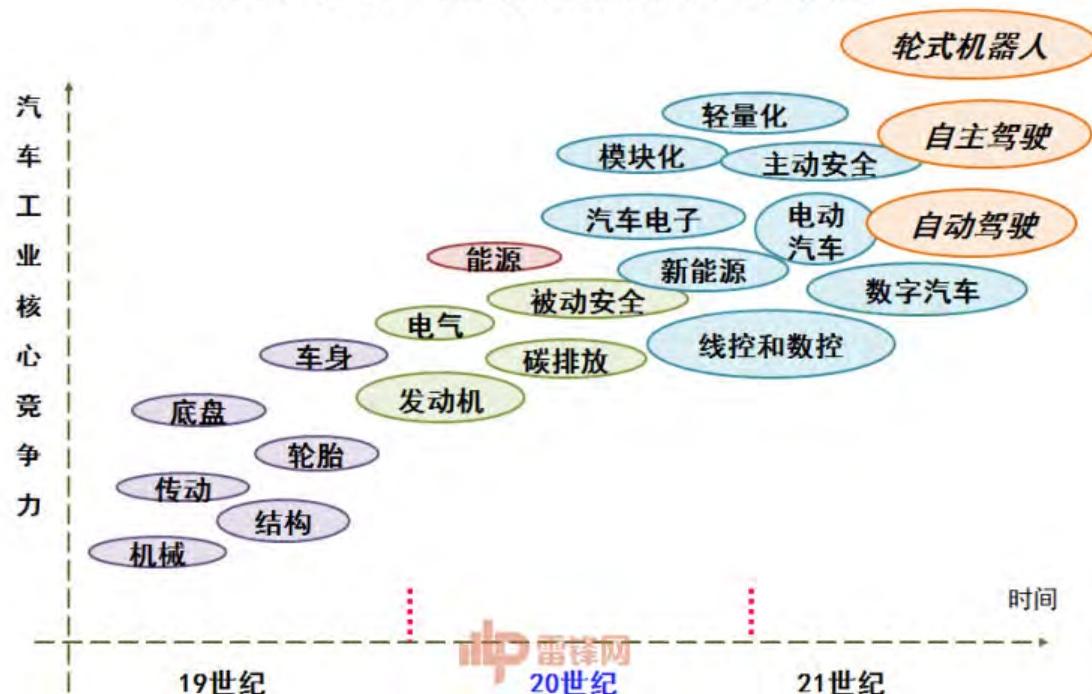
一辆智能驾驶汽车上，搭载了相机、激光雷达、毫米波雷达、GPS设备、后视镜、OBD、高精地图、惯导系统等。仅仅针对激光雷达，如今国内外的创业公司便不可胜数。



总结起来，智能汽车产业，集成几乎所有工业和信息领域的中高端技术为一身，链条长、关联度强、就业面广、涉及经济领域多、消费拉动大，是国民经济的重要支柱产业。

再来看一看百年汽车产业核心竞争力的转移趋势。

百年汽车产业核心竞争力转移图



从上图可以清晰地看出，以后汽车行业的竞争将会聚焦在智能驾驶技术之上。

在张新钰看来，信息技术和智能制造已然成为热点，智能驾驶是集位置服务、车联网和机器人等技术于一身存在，无论是实践云计算、物联网，还是研发机器人，智能驾驶都被推到风口浪尖，占据重要位置。

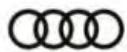
针对智能驾驶，目前国际上两大机构 NHTSA（美国国家公路交通安全管理局）和 SAE（美国汽车工程师学会）都有自己的分级标准，前者为 5 级划分，后者是 6 级划分。二者的不同之处在 NHTSA 定义的 L4 级别包括了 SAE 定义的 L4 和 L5 级别。

无人驾驶汽车分级标准



NHTSA	SAE	SAE称呼	定义	驾驶操作	环境感知	极限工况	应对工况
L0	L0	无自动化	人类驾驶	驾驶员			-
L1	L1	辅助驾驶	对方向盘或加减速中的一项操作提供驾驶支持。	驾驶员系统	驾驶员	驾驶员	
L2	L2	部分自动 	对方向盘和加减速中的多项操作提供驾驶支持，不能解放驾驶员的注意力。				部分
L3	L3		由自动驾驶系统完成所有的驾驶操作，需要人类监督干预。	系统	系统	系统	
L4	L4	高度自动化	在特定道路范围和天气条件下，由自动驾驶系统完成所有的驾驶操作。				全部
	L5	全自动化	在所有人类驾驶者可以应付的道路和环境条件下，由自动驾驶系统自主完成所有的驾驶操作。				

此前，特斯拉的量产车已经实现了 L2 级别的自动驾驶；2017 年 7 月 11 日，新一代奥迪 A8 发布，据称已经达到 L3 级别的自动驾驶，这两款车是已经量产的自动驾驶汽车。像很多高校，其实走的路线也是从 L3 开始，走向更高级别的自动驾驶。



Audi A8

Sensorfelder der Umfeldüberwachung
Sensor areas for environment observation
07/17



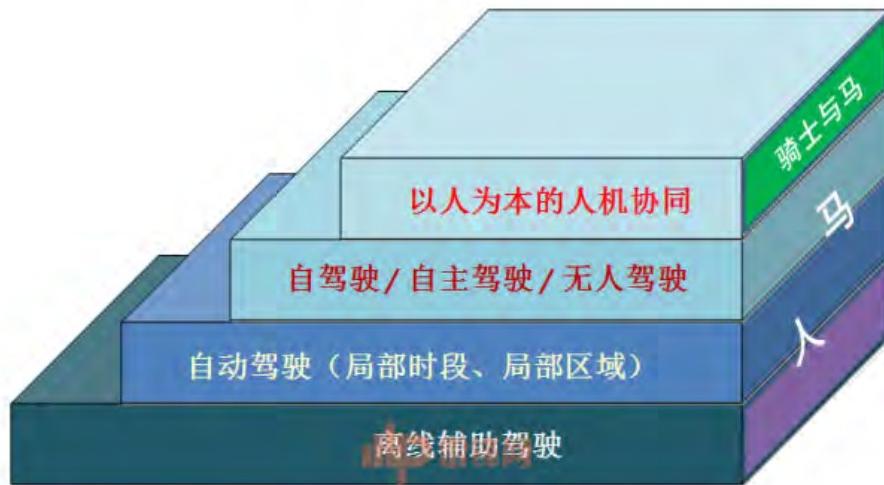
针对 L4 和 L5 的自动驾驶，谷歌、百度以及一些车企正在进行研发，但是还未量产化。



张新钰认为，L3 级别可能在 2020 年会比较完善，量产化车型也会越来越多；而 L4、L5 级别，估计还需要 10 年左右的时间才能实现。到那时，自动驾驶车辆需要全场景运行，车本身的结构会有很大的变化，同时要保证绝对安全。

对于智能驾驶的发展阶段，张新钰和他的团队也有自己的划分标准。

我们对智能驾驶等级区分



最初级的是离线辅助驾驶；接着局部时段、局部区域的自动驾驶；然后是自动驾驶/自主驾驶/无人驾驶；最高级别的以以人为本的人机协同。形象一点来说，前两个阶段是人赶着马儿跑，第三个阶段则是马自己跑，最后一个阶段就是骑士与马的完美共舞。

全球智能驾驶的实践近乎火爆，尽管形态多样、方法各异，但也趋向形成共识，从认知试验走向认知工程，正迅速为智能汽车的产业化和市场切入开辟道路，建立全新的智能车产业生态环境。

反观此前百年汽车工业成功的关键，必须要保证以下三个方面的要求：

- 规模化生产
- 精细化管理

- 高可靠运行

这些要求在智能驾驶汽车上同样需要得到保证，甚至要求会更高。

目前，智能驾驶汽车的发展路线大致有以下几种：

1、渐进式

以传统的汽车厂商为代表，从 ADAS 切入，“渐进式”地从高级辅助驾驶实现到无人驾驶的过渡。

发展路线：渐进式



■ 以传统的汽车厂商为代表，从ADAS切入，“渐进式”地从高级辅助驾驶实现到无人驾驶的过渡。

- 倒车提醒
- 语音导航
- 疲劳驾驶提醒
- 后景前视
- 自动换道
- 自动泊车
- 自适应巡航
- 夜间自动行车
- 城际高速自动驾驶
- 自动防侧碰撞
- 自动跟随行驶
- 自动防追尾
- 湿滑路面自动驾驶
-



现在很多创业公司和车企都在做 ADAS 这方面的功能，主要有摄像头方案、毫米波雷达方案。后期，随着车辆自动驾驶水平越来越高，激光雷达也将被引入。

从摄像头方案切入到 ADAS，目前有很多内容是可以去进行尝试的。

摄像头可实现的 ADAS 功能



ADAS功能	使用摄像头	具体功能简介
车道偏离预警LDW	前视	当前视摄像头检测到车辆即将偏离车道线时，就会发出警报
前向碰撞预警FCW	前视	当前摄像头检测到与前车距离过近，可能发生追尾时，就会发出警报
交通标志识别TSR	前视、侧视	识别前方道路两侧的交通标志
车道保持辅助LKA	前视	当前视摄像头检测到车辆即将偏离车道线时，就会向控制中心发出信息，然后由控制中心发出指令，及时纠正行驶方向
行人碰撞预警PCW	前视	前摄像头会标记前方道路行人，并在可能发生碰撞时及时发出警报
盲点监测BSD	侧视	利用侧视摄像头，将后视镜盲区内的影像显示在驾驶舱内
全景泊车SVP	前视、侧视、后视	利用车辆前后左右的摄像头获取的影像，通过图像拼接技术，输出车辆周边全景图
泊车辅助PA	后视	泊车时将车尾的影像显示在驾驶舱内，预测并标记倒车轨迹，辅助驾驶员泊车
驾驶员注意力监测	内置	安装在车内，用于检测驾驶员是否疲劳、闭眼等

读懂智能 & 未来

而毫米波雷达则被认为是 ADAS 的核心传感器。

ADAS 核心传感器：毫米波雷达



穿透雾、烟、灰尘的能力强，传输距离远，具有全天候全天时的特点，不受目标物体形状、颜色等干扰，主流产品为 24G 和 77G：

- 24G主要用于短距离传感，安置在车后方，可探测车身周围环境（行人、车辆等）、盲点，实现泊车辅助、变道辅助等功能。
- 77G用于中长距离测量，主要安置在车前方（一般是保险杠上），实现自动跟车、自适应巡航（ACC）、紧急制动（ABE）等功能。

激光雷达虽然分辨率高、精度高、抗有源干扰能力强，但是目前的价格实在昂贵。

三种传感器比较



	摄像头	毫米波雷达	激光雷达
探测距离	50m	250m	200m
精度	一般	较高	极高
功能	车道偏离预警、前向碰撞预警、交通标志识别	自适应巡航、自动紧急制动	实时建立周边环境的三维模型
优势	成本低、可识别物体	不受天气影响，探测距离远，精度高	精度极高，扫描周边环境实时建立三维模型的功能
劣势	依赖光线、极端天气可能失效、难以精确测距	成本高，难以识别行人	受恶劣天气影响，成本高昂

基于以上分析，未来要做自动驾驶方案，在传感器的选择上会有多种多样的配置选项。摄像头是不是可以多用一些？毫米波雷达用多少个？激光雷达是否可以尽量少配一些？这涉及到自动驾驶汽车的成本控制，创业者们需要去思考。

2、颠覆式

以 Google、百度、Uber 等为代表的互联网公司，通过价格高昂的传感器（激光雷达为主），“一步到位”地实现完全无人驾驶。

- 以Google、百度、Uber等为代表的互联网公司，通过价格高昂的传感器(激光雷达为主)，“一步到位”地实现完全无人驾驶。



谷歌和百度的自动驾驶汽车，包括各类传感器以及车辆本身改装的成本等，成本基本都在100万人民币以上。一般的公司基本上难以承受。

3、混血儿：特斯拉

以Tesla等为代表的一边自己造车，但不按传统汽车厂的路线发展自动驾驶，另一边利用互联网思维发展自动驾驶技术，利用上路产品作为测试自动驾驶系统Bug的手段，同时又打着低成本的牌。

Tesla Autopilot 2.0(L2) 与 1.0 对比

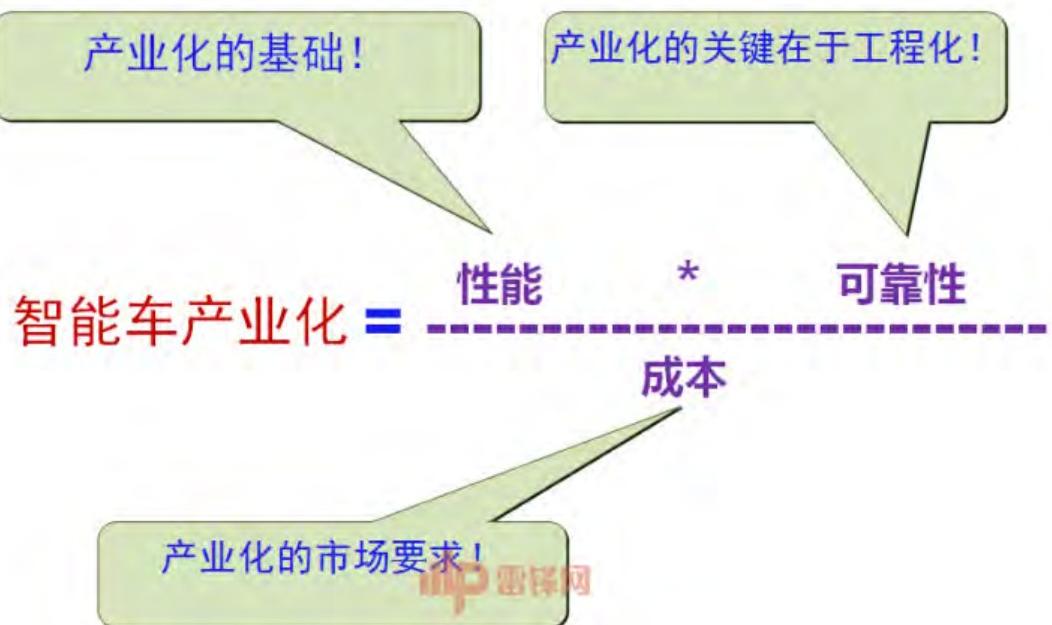


硬 件	Autopilot 1.0	Autopilot 2.0
前视摄像头	1个	3个 (正常、长焦、广角)
后视摄像头	1个	3个 (参与自动驾驶)
侧视摄像头	无	2个 (左右各一个)
超声波雷达	12个	12个 (探测距离增加一倍)
前置毫米波雷达	1个	1个 (性能增强)
处理器运算能力	第二代处理器运算能力是第一代的40倍	

52

特斯拉的量产车还可以进行驾驶数据采集，数据对将来的无人驾驶很关键。所以，张新钰觉得，特斯拉最有可能实现自动驾驶商业化落地。

从上面三条发展路线来看，智能驾驶产业需要考虑的问题就包括下面这些：



不得不说，智能驾驶产业是非常庞大的，产业链非常长。

智能驾驶产业

智能驾驶传感器产业：相机、激光雷达、毫米波雷达等

辅助驾驶产业：系统监测、环境监测、显示辅助、主动行为等

智能驾驶控制产业：决策系统、转向、制动、电源控制器等

智能驾驶行业：轿车、货车、巡逻车、清扫车、矿山车等

智能驾驶产业：交通业、保险业、呼叫中心、汽车救援等

智能驾驶基础公共性服务平台：云计算、大数据

传感器产业自不必说，相机、激光雷达、毫米波雷达、惯导、GPS.....本身就是很长的产业链。

而切入 ADAS 产业的公司更是数不胜数，他们做系统监测、环境监测、显示辅助以及主动安全等功能，这一块进入比较快，门槛也没那么高。

控制产业则包含了决策系统、转向、制动、电源控制器等细分领域。现在国内在制动系统方面几乎是空白，所以这是很多创业公司的机会。

同时，智能驾驶行业绝对不只是乘用车，货车、巡逻车、清扫车、矿山车等都可以应用智能驾驶技术。

当然，有了海量的智能驾驶传感器数据，对于将来的交通、保险业、呼叫中心、汽车救援等工作都大有裨益，而这也是云计算和大数据可以施展功夫的空间。

四、智能驾驶实践

最后，分享一下清华猛狮团队在智能驾驶方面的一些实践工作。

清华猛狮智能车团队从2009年开始飞思卡尔缩微车平台，2012年开始研发轿车和客车的智能驾驶。



从2009年开始，清华猛狮团队投入到飞思卡尔的微缩车平台的研发中；到2012年，团队开始做自动驾驶的轿车和客车。

4.1 试验平台



规格参数	
重量	3kg
负重	8-12公斤
尺寸	35.5*30*15cm
运行时间	2小时
充电时间	0.5小时
最大速度	8KM/h
驱动轮	四驱
马达	12V直流马达
轮胎	直径11.5cm
充电器	2A
充电电池	12V 6800mah锂聚合物电池
电源转换模块	5V 10A
马达驱动模块	双路 80W
arduino	mega2560
电量指示器	12V
开关	船型开关

4.1 试验平台



明途



重量	20公斤
负重	40公斤
尺寸	817*480*255mm (不含云台设备)
功率	
电池	24V DC锂聚合物电池
容量	15Ah
运行时间	3小时
充电时间	1.5小时
辅助电源	5, 12V DC
运动性能指标	
最大速度	40km/h
轮胎组成	适用于平路，越野等不同地形、抓地力极强。
驱动轮	两驱
转向	舵机转向
减震系统	中间钢丝减震，保证启动和停止时候的画面稳定。油压式减震器。

4.1 试验平台



长安睿骋



哈弗H8



在智能驾驶小车方面，团队主要是在硬件和软件方面做了一些工作。

4.2 智能驾驶小车



硬件平台：

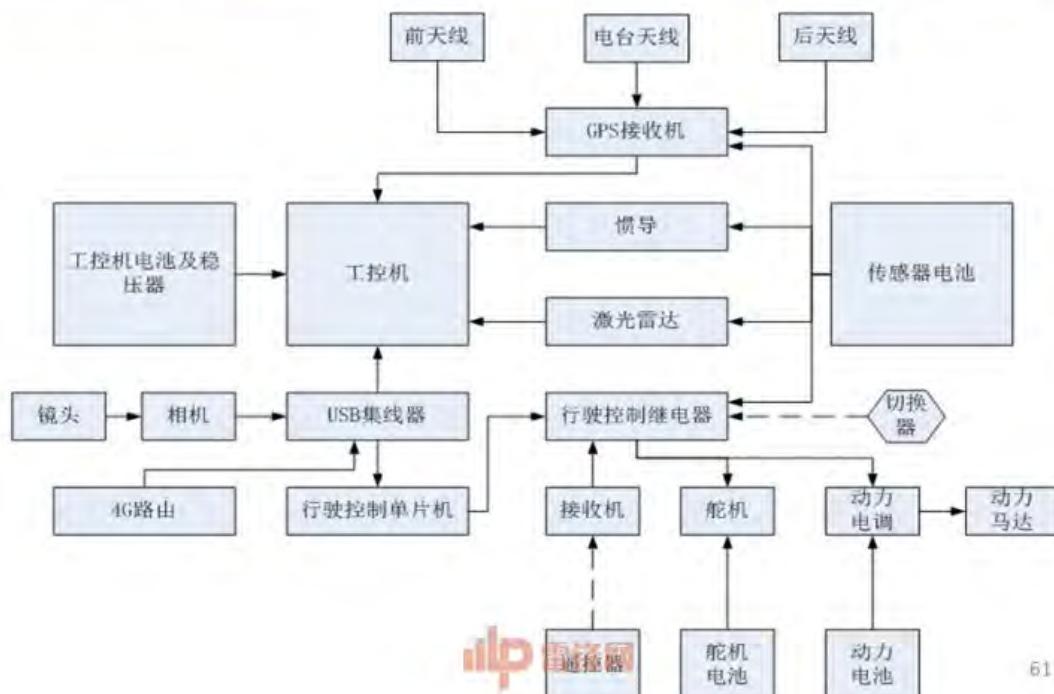
- 转向、油门控制系统
 - 传感器布置与安装
 - 动力电池和传感器电池
 - 电池解决方案（续航里程和时间）



软件算法：

- 视觉、雷达、导航预处理模块
 - 传感器信息融合模块
 - 基于驾驶认知的决策模块

4.2 智能驾驶小车



上图是张新钰团队研发的智能驾驶小车的模型。它由 GPS、接收机、惯导、激光雷达、工控机、相机、电池组成，同时有它自己的控制系统。

针对轿车平台，清华猛狮也有自己的一套方案。

4.3 智能驾驶轿车



硬件平台：

- 转向、制动、油门系统
- 换挡控制系统、信号控制系统、中央处理系统
- 电源系统、全车网络与布线
- 传感器布置与安装

软件算法：

- 视觉、雷达、导航感知算法
- 多传感器信息融合技术
- 高精度定位技术
- 自学习驾驶技术



中国智能车未来挑战赛
(2016. 11. 12-13)

在这辆自动驾驶汽车成型前，团队对其进行了一番系统的改造，其中包括了对车辆制动、油门、转向、电气系统的“革命”。

制动改造方案



- 1) 在制动总泵与ESC泵之间加装
经过改装的ESC泵和保压电磁
阀；
- 2) ESC泵和电磁阀的电控部分与
开发的控制器相连，控制器根
据压力传感器回馈的压力数据
来控制输出不同的制动压力，
从而实现电控刹车的功能；
- 3) 不更改原车制动系统功能。

张新钰表示，这些改装方案都是团队自己在做，其实是个手工方案，不是很工业化的方案，只能临时用。他透露，改造一套转向系统大概需要二三十万人民币。

经过一番改造后，清华猛狮智能车的方案最终成型：

4.3 智能驾驶轿车



张新钰表示，这套设备的价格大概为 20–30 万人民币，已经属于很便宜的方案。

序号	设备	位置	数量
1	相机	车内挡风玻璃下	1
2	毫米波雷达	车头处	1
3	激光雷达	车头处	1
4	凌华工控机	后备箱	1
5	GPS+惯导	后备箱	1

说明：

- 1、毫米波雷达精度约3M，适用于车辆行驶轨迹精度要求不高的场景；
- 2、激光雷达精度约10CM，适用于道路狭窄，精度要求高的场景。

这辆自动驾驶汽车目前可以实现以下功能：

名称	说明
路径规划	生成本次任务路径
起步停车	车辆能够顺利出发和停止
车道保持（循迹行驶）	按车道或既定路线行驶
泊车入位	车辆泊进停车位
绕过静态障碍	前方有无法移除障碍物，车辆绕行通过
ACC跟车行驶	前方有慢车，跟随行驶
左右转弯	路口90度左右转弯
换道超车	换道超越动态车辆
人机交互	控制中心监控和干预车辆行驶

除去小车和轿车，清华猛狮团队也在进行自动驾驶客车的研发，主要是和宇通客车进行合作。

4.3 智能驾驶bus



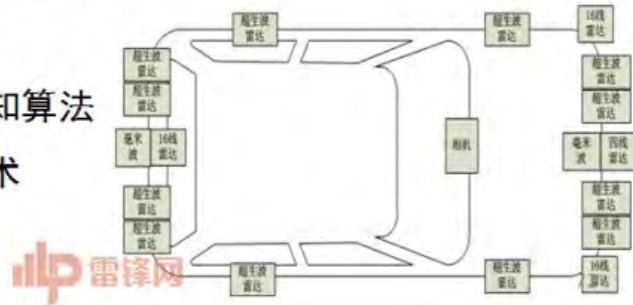
硬件平台：

- 加装EPS自主转向系统
- 改造ECU油门控制系统
- 改造EBS气压制动系统
- 双驾双控系统
- 电源系统、整车网络通信系统



软件算法：

- 视觉、雷达、导航感知算法
- 多传感器信息融合技术
- 高精度定位技术
- 自学习驾驶技术



2015年8月29日，这辆自动驾驶客车在郑开大道上成功完成路
测，测试里程约32km，含27个路段、26个路口和26个红绿
灯，路段内均为直道，限速80km/h。有意思的是，当时《连线》
对这次测试进行了报道，宇通的股票还因此大涨。目前，团队和宇
通还在无人驾驶快速公交领域进行合作。

除此之外，张新钰和他的团队还和京东和百度展开了合作。



- 2016年11月11日，团队完成了京东无人快递车的研发工作，并交付京东公司，并在京东双十一活动中进行使用。
- 2016年7月1日，团队完成了20辆奇瑞EQ智能车底层车辆的改装工作，并交付奇瑞和百度公司使用。其中10辆车百度在第三届世界互联网大会上进行示范。

雷锋网

车辆改装其实是张新钰非常看重的领域，目前国内相关公司还不多，业内较为知名的是美国的 AutonomouStuff，曾帮助谷歌和百度改装自动驾驶汽车。他觉得国内的创业公司、研究团队可以在该领域施展身手。

如今，张新钰和他的清华猛狮团队依然在智能驾驶汽车的研发道路上行进，期待未来有更多成果能应用到工业界，为国内智能驾驶发展增添动力。

供应商特辑

对话博世：顶级供应商的无人驾驶策略，加码中国区研发，不认同谷歌

作者：思佳

导语：博世大会后，我们和这家一级供应商巨头梳理了它们在自动驾驶领域的过去、现在和将来。



博世不久前于德国召开的互联世界大会（Bosch Connected World 2017）向业界展示了其自动驾驶的决心和实力，会议中的过半演讲都与自动驾驶相关。

也正是在这场年度大会上，博世宣布了与芯片巨头英伟达的合作，双方将基于英伟达 DRIVE PX 平台开发面向汽车的自动驾驶系统。这或成为博世由传统汽车零部件供应商，向无人驾驶汽车处理单元供应商转型的一次重要布局。

恰当把握无人驾驶的先机，将使博世在汽车的未来供应链市场依然保持其话语权。日前，雷锋网新智驾致信博世位于苏州的研发部门，梳理了个中的产业逻辑。

回溯：智能驾驶的初态和商业模式探索

雷锋网：博世对智能驾驶的入局最早能追溯到什么时候？

博世：我们从 1978 年开始研发车用雷达技术，可提供从长距离雷达到中距离雷达的不同产品。2005 年推出世界上首个夜视系统，2009 年推出车道偏离警告及物体识别，博世的第 3 代多功能摄像头及立体摄像头在 2014 年开始量产。

雷锋网：在对辅助驾驶解决方案的定制上，博世如何思考与 OEM 合作的商业模式？

博世：1. 我们的辅助驾驶方案围绕安全和舒适性功能展开。目前市场上主导的功能包括停车辅助、预测性紧急制动（包含碰撞预警和自动紧急制动）、自适应巡航控制、车道辅助功能（车道偏离警告和车道保持）。道路标志识别也变得越来越流行。这些都是与 OEM

的合作方向。2.在驾驶辅助功能的硬件设备方面，我们以提供传感器产品或整体方案为商业模式。产品包括雷达（中距离或者长距离）、摄像头（单目或者立体）、超声波传感器等。

布局：加码国内研发团队

雷锋网：博世自动驾驶/智能驾驶业务的团队是如何配置的？

博世：我们的相关项目团队致力于将汽车传感器、控制单元和助力器与未来的各项功能整合以形成统一的系统。目前，该团队在两个国家同时进行：位于加利福尼亚州 Palo Alto 的团队主要着手于功能的研发，而位于德国斯图加特附近 Abstatt 的团队则完成对各个系统的整合。



- 2015 年，我们完成了采埃孚转向系统的并购，对于自动驾驶部件的研发从实现自动加速和制动，向自动转向扩展。目前，我们的自动驾驶原型车正在德国、北美和日本的公共道路做相关的道路测试和数据采集。
- 在中国，我们建立了辅助驾驶系统的研发团队，目前规模超过 180 人，他们将成为未来自动驾驶研发的基石。我们与许多中国本土汽车品牌建立了合作项目，比如刚刚上市的吉利博瑞，搭载了博世的中距离雷达、多功能摄像头及超声波雷达等产

品，可以实现自适应巡航控制、预测性紧急制动、车道偏离警告及半自动泊车等辅助驾驶功能。

雷锋网：博世如何思考从辅助驾驶到完全自动驾驶的路线图？

博世：超过 90% 的事故是由人为失误造成的。我们以及汽车界的同行都认为：自动驾驶的发展不是一蹴而就的，我们将自动驾驶分为三个过程，从部分自动驾驶，到高度自动驾驶，再到完全自动驾驶。

- 自动驾驶是分步实现的，首先我们要解决那些不太复杂的路况下的自动驾驶，目前汽车行业主要是通过高速公路自由驾驶和自动泊车，作为自动驾驶技术首先推广的环境。城市市郊可能是 2020 年以后的重点。目前我们也有研发团队主攻城市环境和郊区环境，未来会有技术面世。
- 2015 年，我们的有限场景自动驾驶功能——交通拥堵辅助系统实现了量产，它可以将驾驶员承受的压力降到最小。在车速不高于 60 公里/小时的情况下，交通拥堵辅助系统则可以实现自动制动、加速并保证车辆不偏离车道，但仍需要驾驶员的持续监控。接下来就是更高自动层级的功能：在高速公路上无需驾驶员监控的自动驾驶功能会在 2020 年前应用在车辆中。更高层级的，即在城市道路的完全自动驾驶功能预计会在 2025 年之后实现。

技术和方案

雷锋网：博世在自动驾驶技术上的具体方案分为哪几块？

博世：分为 4 个部分，分别是 360 度外围传感器识别，冗余系统结构，发生故障和黑客攻击时的可靠性以及高精度地图数据。

- 360 度外围传感器识别：目前我们已经售出超过一百万的雷达和视频传感器。目前，我们正在利用这方面的经验开发高性能且经济的周围环境识别技术，以满足自动驾驶的需求。
- 冗余系统结构：为了在某个零件发生故障时保持最大的可用性，车辆结构就要有所变化。例如我们推出的制动备份系统。iBooster 作为机电伺服制动助力，与 ESP 一样可以对车辆进行自动制动，且彼此都是独立的。
- 发生故障和黑客攻击时的可靠性：为了确保功能可靠性，我们应用了高性能的解决方案，需要车辆行驶超过 2.5 亿公里的测试里程。为了保护车辆系统免受黑客攻击，博世已经推出了双重结构系统，以保持汽车电气系统的信息娱乐功能独立于驱动系统。此外，电子专家还提供了用于数据安全和访问保护的互补硬件和软件式解决方案。汽车行业需要明确的、统一的数据保护和数据安全法规。

雷锋网：请总结目前博世在驾驶辅助/自动驾驶方面的相关技术和产品布局。

博世：我们目前在市面上主要的驾驶辅助系统技术，包括预测性紧急制动（包含碰撞预警和自动紧急制动）、自适应巡航控制、车道辅助功能比如车道偏离警告和车道保持支持。还有盲点探测、智能大灯控制、道路标志识别等。目前，我们正致力于研发更高自动驾驶等级的功能。我们在中国目前已经有驾驶辅助系统和部分自动驾驶的项目合作。比如完成了 2000 公里高速公路自动驾驶测试的长安睿骋，即配备了博世的高速公路辅助功能，可以实现纵向和横向的自动驾驶，以及自动变道功能（该功能需要得到驾驶员确认）。

雷锋网 策略：不认同谷歌

雷锋网(公众号：雷锋网)：Tier1 企业如何思考未来自动驾驶领域中自己扮演的角色，博世与互联网技术公司在无人驾驶策略的差异化体现在哪儿？

博世：与互联网公司等技术企业相比，我们侧重于通过自己的汽车产品提供整合化的系统解决方案。目前，我们正在进行功能、传感器、车辆架构、执行机构的研发，同时将这些功能和产品整合以形成系统级服务。我们一直是汽车安全和舒适技术的倡导者，所以汽车行业功能安全、冗余设计、路径策略等一直是我们在研究自动驾驶技术过程中的重要课题。

我们在六个欧盟国家进行的市场调查表明，大多数中等及以下车辆的购买者对于辅助驾驶功能持有兴趣。他们对于自动驾驶持欢迎态度，但前提是能够随时控制自动驾驶的开关。所以我们对于自动驾驶的策略与谷歌不同，我们认为即使是未来自动驾驶，驾驶员也拥有对于车辆的控制权，且不会丧失驾驶乐趣。



专访博世高级副总裁：自动驾驶系统最大的挑战是如何对 AI 进行验证 | IAA

2017

作者：易建成

导语：自动驾驶的火热，使得全球最大的汽车供应商博世在过去两三年里招聘了大量有 AI 背景的研发人员。



自动驾驶的火热，使得全球最大的汽车供应商博世在过去两三年里招聘了大量有 AI 背景的研发人员。

「未来这一数字还会不断增加。」博世底盘系统控制部门负责自动驾驶系统业务的高级副总裁 Stephan Höngle 博士对雷锋网表示。

在法兰克福车展上，博世官方宣布，到今年年底，博世汽车与智能交通技术业务板块的研发人员将增加 10 %，达到 48000 名。不过招聘 AI 专家并不容易——「由于整个行业都在抢人，业内的 AI 人才处于严重短缺中。」Höngle 博士说道。

毫无疑问，AI 是自动驾驶技术的关键驱动力量，博世也正在积极利用 AI 技术开发自动驾驶。据雷锋网了解，到 2021 年博世在 AI 领域的投资将达到 3 亿欧元。

尽管如此，Höngle 博士坦言，在这一过程中最大的挑战是如何对 AI 系统进行验证。「这不是博世一家的问题，而是整个行业都必须解决的挑战。」他说。

目前，博世已经迈出了自动驾驶发展的第一步：自 2018 年初起，在位于德国斯图加特的梅赛德斯奔驰博物馆停车库内，自动代客泊车就将成为现实。这项技术带来的好处是：对现有停车空间更高效的利用，同样大小的停车区域可以比原来多容纳达 20% 的车辆。

在法兰克福车展期间，雷锋网就自动驾驶领域的话题采访了 Stephan Höngle 博士，以下为对话实录（有删减）：



*图片来自 Youtube

雷锋网：近些年来自动驾驶火爆异常，我想问的第一个问题是，关于这一技术你感受最深的一点是什么？

Stephan Hönele：无论是我自己还是整个团队，都将安全系统的开发放在最重要的位置，毕竟安全第一。我们为这个系统准备了 13-14 个传感器，此外中央控制单元、复杂的 AI 软件也必不可少。

同时，我们还开发了原型车并为它加装了各种硬件，整个过程相当复杂。通过过去一年的努力，我们拿出了完成度相当高的原型产品（第一代原型车为宝马，第二代原型车为特斯拉）。

不过，要想让它足够安全可靠，我们还得继续迎接从未遇到过的挑战，比如软件和整个车辆架构。在我看来，这是最难的挑战，但它也激励着我和我们整个工程团队，这是团队必须解决的问题。



雷锋网：博世在自动驾驶方面投入，目前取得了哪些进展？

雷锋网
读懂智能&未来

Stephan Höne: 未来几年我们要逐步完成技术升级，从现在的驾驶辅助系统升级到 Level 3 自动驾驶（2020 年）。也就是说，几年之后我们的系统能在 60km/h 的速度下实现 Level 3 自动驾驶。

随后，博世会主推自动驾驶核心部件，比如传感器。我们在这方面经验丰富，博世的第一代雷达产品销售额已经突破 1000 万美元。

此外，博世还提供一整套传感器。现在博世已经相当成功，我们实现了 10 亿美元的销售额，这一数字到 2019 年将再次翻番。同

时，驾驶员辅助系统市场正在迅速扩张，年增幅高达 25%，而且博世的增速已经超过了业内平均水平。

雷锋网：说到传感器，博世也在进行激光雷达的研发，你们是否有量产计划？

Stephan Höne: 激光雷达确实是自动驾驶汽车的核心传感器，不过现在博世对于该产品的量产暂时还没有计划。如果我们做好了决定，会第一时间公布。

雷锋网：刚刚你提到的自动驾驶主要是硬件方面的成绩，但如果要向 Level 4 或 Level 5 迈进，就需要人工智能技术，博世在这方面有什么进展？



Stephan Höne: 当然，软件也是自动驾驶技术的关键驱动力量，复杂的软件很快会成为车辆标配。博世正在积极利用 AI 技术，毕竟没有它就无法实现自动驾驶。

有了 AI 的支持，计算视觉系统、机器学习算法才能稳定运行。博世在这个领域有大量的人才储备，同时我们非常注重合作。不过需要承认的是，博世也面临激烈的竞争。

我们的合作伙伴中也有百度，博世参与了阿波罗计划，双方在自动驾驶方面正在进行深入合作。

雷锋网：在 AI 方面，有哪些是博世决定要自行研发，不再借助第三方之力？

Stephan Höne: 博世在三大核心算法——感知、决策和执行上都倾注了巨大的力量。我们有自行研发的技术，也有许多需要第三方协助。

是否有第三方参与并不会影响博世，因为作为系统提供商，我们要做好所有的整合工作，而在这一过程中最大的挑战是如何对 AI 系统进行验证。当然，这不是博世一家的问题，整个行业都必须解决这一挑战。

雷锋网(公众号：雷锋网)：博世在 AI 上的人力投入有多少？会比以往的硬件研发投入更多吗？

Stephan Höne: 我不能透露研发人员的详细数字。我可以告诉你的是，在过去两三年里，博世招聘了大量有 AI 背景的研发人员，未来这一数字还会不断增加。不过，招聘 AI 专家不容易，整个行业都在抢人，因为业内的 AI 人才处在严重短缺中。

在移动出行部门，软件工程师占到了员工总数的 35%，与 10 年前的比例来说已经有了巨大改变，未来软件工程师会越来越多。

博世也会继续加大对 AI 研发的投资，2021 年将达到 3 亿欧元。

眼下，共有 100 多名专家投入到该项目中来，我们还在全球设立了 3 大研发中心。

雷锋网：对于 ADAS 和全自动驾驶的商业化路径，博世有什么思考？

Stephan Höne：其他厂商的动作并没有影响博世，过去一两年里我们依然坚持自己的战略，进行渐进式发展，只是速度加快了而已。

眼下，我们的 Level 1、Level 2 级别的自动驾驶早已在市场普及，下一步则是高速路上的自动驾驶。前期，我们的自动驾驶系统可能速度较慢，比如 60km/h，但未来车辆行驶速度会大幅提高，如 130km/h。

再过几年，Level 3 级别的自动驾驶会逐步在高端车到低端车铺开。

下一个 10 年，我们将会见到城市中穿行的自动驾驶出租车，它们都属于 Level 5 级别自动驾驶，车里不会配备司机。当然，这一过程也是渐进式的，它们首先会被部署在限定区域里，至少这些地方气候条件比较适宜。必须强调的是，想让车辆正式上路，必须保证它足够安全可靠。

此外，未来博世会力推软件 OTA 升级，因为现在车辆硬件正在逐渐趋同，就像智能手机那样。当然，这项技术现在还处在初级阶段，所以采用渐进式发展更为明智，我们对这一技术的未来非常乐观。

雷锋网：业内一直有观点认为，ADAS 与全自动驾驶完全是两种不同的技术方式，想实现跨越相当困难。对于这一观点，博世是怎么看待的？

Stephan Höne：这种观点并没有错，从 Level 2 升级到 Level 3 意义相当重大，因为司机开始成为「局外人」，同时整个电子架构和冗余也发生了变化。



我也了解过其他人的想法，从 ADAS 到全自动驾驶确实困难异常，但只要能实现 Level 3，后面的步伐就能加快。博世在这方面经验丰富，功能安全一直深植在我们的 DNA 中，它也是自动驾驶的重要驱动力之一。

注：本文由易建成、大壮旅联合编辑完成。

专访海拉电子事业部副总裁：创新孵化器战略下，如何继续打开中国未来汽车行业主战场？

作者：思佳

导语：此次海拉与中国创新孵化器战略合作后，将与中国本土的技术创新企业擦出哪些火花？与英伟达、采埃孚的合作又有哪些进展和细节？



在技术创新和市场空间并存的中国汽车市场，国际一流车企、Tier 1 的入局和本土化创新合作算不上新鲜事了。但在智能网联和自动

驾驶的风口下，这些玩家在中国的加速布局还是形成了一股不可忽视的力量，并不断产生更多的火花。

8月11日，全球汽车电子及照明一级零部件供应商海拉宣布，与中国汽车创新孵化器联盟达成战略合作。双方将在互联、自动驾驶、共享汽车、电气化领域开展合作，旨在加强海拉电子对中国本土市场快速增长的新需求的洞悉和创新研发。

因领先的车灯事业为人熟知的海拉，随着电子事业部对传感器产品、自动驾驶技术的战略架构，如今，这个固有印象正不断被更新。

就在一个多月前，海拉宣布与采埃孚、英伟达建立合作，共同推进自动驾驶技术发展，与采埃孚的“忘年交”更将产品愿景规划延展到了2025年。

很显然，海拉已经从进一步深化了其汽车电子和车灯事业部两条主线在未来汽车市场的产品定义和业务思路。

那么，此次海拉与中国汽车创新孵化器战略合作后，将与中国本土的技术创新企业擦出哪些火花？与英伟达、采埃孚的合作又有哪些进展和细节？雷锋网·新智驾在孵化器合作后采访了海拉中国电子事业部执行副总裁、海拉集团电子事业部管理董事会成员Frank Petznick，对上述问题一一做了解答。

Frank 认为，中国是未来汽车行业的主战场，海拉在国内的创新孵化将有助于其充分理解中国市场的要求和技术趋势。

目前，海拉与一些国内团队的接洽已经在进行中，他同时强调，海拉与国内机构和单位的合作由来已久，而近来随着汽车行业主流趋势，如自动驾驶、电气化、互联化的影响，更多新兴技术与跨界合作不断涌现。

未来，依托与采埃孚、英伟达的多方合作，海拉将面向自动驾驶产业链做出更多产品布局。

今年 10 月，海拉与北汽集团子公司的合资公司还将在天津落成新工厂，在中国进一步扩大产能的同时，与更多中国本土企业挖掘市场机遇的前景可期。

以下是雷锋网·新智驾（公众号：AI-Drive）与 Frank 的访谈实录，经不改变原意的整理。



*海拉中国电子事业部执行副总裁、海拉集团电子事业部管理董事会成员 Frank



从汽车创新孵化器战略谈起

雷锋网：海拉近日宣布与中国汽车创新孵化器联盟达成合作，这是出于怎样的考虑？

Frank：中国是未来汽车行业的主战场，特别是在汽车行业的主流趋势（数字化和智能互联、自动驾驶、电气化和节能、个性化）等方面。所以海拉希望充分理解中国市场的要求和技术趋势。

创新联盟是一家有政府背景的组织，其目的是在初创公司和大企业间搭建一个汽车创新的生态系统。所以海拉也想参与这个生态系统

的建设过程，贡献自己的力量，帮助这些初创公司成长；作为回报，我们也获得了我们需要的技术。

“中国制造 2025”战略把中国从一个重制造的国家重塑为一个更加注重创新的国家。

海拉作为汽车行业最重要的创新领导者之一，很愿意用先进的解决方案来支持中国的客户。

为了更好地了解中国市场并满足市场的要求，我们应该与像创新联盟这样的中国伙伴一起建立起密切的合作关系。

雷锋网：海拉在中国本土具体的投资和创新布局战略将如何展开？

是否有已经看好的创业团队？



Frank：在海拉内部，我们已经建立起了前期研发工程代表团队，同时为创新项目成立了海拉投资基金。海拉除了致力于前期研发工程内部的创新之外，还包括产品中心、工厂、实验室、物流等支持部门中都打造一个创新的环境。在海拉外部，我们从 2011 年开始已经与许多合作伙伴、供应商，以及像上海理工大学、东南大学等高校开展了合作。他们提供了很多创新思想，甚至孵化出了成熟项目，对我们的产品开发也大有裨益。

除了创新联盟，我们也在寻找与拥有高校背景的孵化器或商业孵化器进行合作的机会。所有这些孵化器的重点关注领域各不相同，商业模式也不同，海拉和他们合作的要求也会不一样。

目前我们有了一些看好的团队，但是现在还不方便透露细节。我们关注的领域会与海拉产品线结合起来，同时还要顾及汽车行业的主要趋势。

雷锋网：为什么选择这样的时间点切入中国本土的创新市场，而不是早两年，或是晚一些？这个时间点的意义在于？

Frank：海拉从成立之初开始就一直在积极创新。一个多世纪以来，创新一直是海拉的竞争力建立在海拉对中国的研发投入很多，因为我们扎根在中国，努力为中国客户提供创新解决方案。所以单就这一点来看，我们并不是今年才进入中国的创新市场，也不是两年前，而是在很早很早以前我们就进来了。举例来说，我们和中国各最高学府的合作已经持续了十几年，我们在中国申请到的专利数以千计。

我们之所以要开始和联盟合作，是因为我们想拥有可靠的伙伴，提高我们对中国的承诺。

雷锋网：今年来，一些 Tier1 供应商已经开始对国内创业团队和技术进行布局，这是否也间接加速了海拉在这个战略的进度？

Frank：与创业团队进行合作对于海拉来说不算新鲜事，不过近些年来这种合作开发是呈加速发展状态的。当我们目睹汽车行业的主流趋势（数字化和智能互联、自动驾驶、电气化和节能、个性化）对全世界的汽车行业都产生了巨大的影响，许多新要求和新技术也都浮现出来。

与海拉这样的一级供应商相比，创业团队缺少的是汽车行业的应用经验和标准，他们的产品范围也太窄。但是他们的优势在于，他们自己核心技术上的一两个点，能迅速将技术投入测试。所以合作对我们双方都能带来益处，并且合作会成为一种常态，许多好的想法都能更快地变为现实。

 雷锋网：有这样几类创业团队，他们的领域分别是高级自动驾驶整合方案、ADAS、激光雷达等传感器硬件、视觉深度学习、技术+服务，海拉更有兴趣对哪个类型进行孵化和合作？

Frank：所有的这些团队都是我们的潜在合作方。海拉作为一级供应商，已经做出了先进驾驶辅助系统（ADAS）的解决方案。你上面所说的这些领域都与先进驾驶辅助系统驾驶或自动驾驶休戚相关，但是合作的细节还需要和内部产品、创业团队一起作进一步讨论，而且我们也会与位于硅谷和柏林的海拉合资企业保持同步。

海拉的自动驾驶布局

雷锋网：在海拉的两大产品线，汽车电子和车灯事业中，您认为它们在自动驾驶时代海拉电子创造怎样的价值？海拉又如何去规划它们的长线发展？

Frank：海拉电子拥有自动驾驶所需的技术：雷达（24GHz 和 77GHz）和摄像头。

海拉与采埃孚的战略合作为自动驾驶提供了系统性的解决方案。

海拉在电子与照明的组合解决方案方面具有独特的优势。例如，高分辨率大灯只能在摄像头和开门警示灯的帮助下才能发挥作用——多透镜阵列（MLA）需要后置雷达的信号输入。

雷锋网：今年 6 月，海拉宣布了与一级零部件厂商采埃孚的合作，如何评价这个合作对海拉整体自动驾驶战略的意义？

Frank：我们两家汽车供应商都会从传感器技术的合作中获益，尤其是在前置摄像头系统、成像和雷达系统等方面。采埃孚（ZF）作为一家系统供应商，其产品组合会进一步增强，他们能提供现代化的辅助系统以及自动驾驶功能。而同时，海拉将进一步推动技术的开发，用领先的技术优势来获得更大的市场。

雷锋网：具体而言，海拉和采埃孚将进行哪些层面的技术整合？

Frank：摄像头技术的第一个联合开发项目将在近期启动，这个项目的目标是在 2020 年实现产品上市。采埃孚在合作中会分享自己在功能、系统和一体化等领域的硬件和专业技术，而海拉及其子公司 Aglaia Mobile Vision 则提供他们在高效成像软件和应用开发方面的强大技术能力。

雷锋网：海拉和采埃孚现阶段的合作进展如何？海拉与采埃孚的首款合作方案将在 2020 年面世，近期来看，双方是否有其他产品化和商业化合作？

Frank：这次的合作主要关注的是先进驾驶辅助系统和自动驾驶的组件。围绕这些组件的相关合作是一个长期的过程。



就短期而言，我们瞄准的是拿出能满足 2020 年的新车碰撞测试要求的解决方案。

联合先进开发项目还会关注自动驾驶功能。相关产品在 2020 年之后才会推向市场。

至于雷达，未来可能会搭建一个联合雷达开发平台（预计在 2025 年左右）。

技术路径和方案

雷锋网：海拉、采埃孚为何选择了英伟达 Drive PX 平台进行自动驾驶方案研发，有哪些技术考虑？

Frank：今年年初，采埃孚成了第一家采用英伟达人工智能（AI）技术的供应商，其采埃孚 ProAI 系统中的汽车和商用车都会用上这项技术。

2017 年 7 月，海拉和采埃孚共同建立了非排他性的开发和营销合作伙伴关系，重点放在摄像头系统、成像和雷达传感器技术。

双方达成的合作伙伴关系的目的是为乘用车、商用车和非公路车应用提供现代化的辅助系统和自动驾驶功能。

英伟达的 DRIVE PX 能让采埃孚和海拉开发出能为规模化系统使用的软件，从现代化驾驶辅助系统开始，将先进成像和雷达传感器技术联系起来，实现自动驾驶的功能。

雷锋网：从自动驾驶的技术方案上，海拉为何选择从视觉方案起步进行布局？

Frank：海拉对智能视觉传感器系统的开发工作主要由其位于柏林的子公司 HELLA Aglaia 来承担的。HELLA Aglaia 于 1998 年成立，

专注于机动车的电脑视觉软件开发。2006 年他们成为海拉的全资子公司。

HELLA Aglaia 是一家跨硬件的软件供应商，提供各系列优质的先进驾驶辅助系统（ADAS）和自动驾驶（AD）软件功能，如对车道、交通、灯光、人行道和车辆的识别。其业务模式是在作为二级软件开发商的 HELLA Aglaia 及其半导体合作伙伴和一级客户之间进行非常合理的工作划分，从而能从一系列配套半导体设备和软件模块中完全自由地做出选择。客户也能自由创造出他们自己在计算机视觉技术的知识产权，在这个领域他们希望打造出差异化，创造自己的独特销售主张（USP）。

 雷锋网
我们关注运行环境高效计算机视觉算法以满足高成本驱动的新车碰撞测试（NCAP）规模市场的需求，我们同时也在扩大我们的软件组合，新增可供自动驾驶软件构件（如语义自由空间和语义路径）使用的最新的人工智能驱动算法。

雷锋网：如何看待目前自动驾驶方案的多元实现路径，比较看好怎样的方案？

Frank：对于自动驾驶 L3 级和 L4 级，我们认为中距离雷达+远距离雷达+摄像头的智能汽车可能就足够了。但是对于自动驾驶 L5 级来说，V2X（车对外界的信息交换）服务和网联技术则是必须。

雷锋网(公众号：雷锋网)：今年海拉在中国将扩大产能，未来对中国市场还有怎样的期待和设想？

Frank：扩大产能是为了满足中国本土客户日益增长的需求；继续兑现我们对中国的承诺，成为本地客户的可靠伙伴。

雷锋网：如今汽车产业链加速变化，您认为对海拉以及其他传统供应商的机会在哪？

Frank：中国是未来汽车行业的主战场，特别是互联、自动驾驶、共享和电气化等趋势，我们认为在这些领域会有很多机会。

这些机会就是，客户对于汽车的特性还有更高的期待。而主机厂(OEM)希望在他们的开发过程中吸纳全球工艺和工具。我们看到有部分中国本土的主机厂已经开发了他们自己的优质品牌，如长城汽车的WEY，吉利汽车的Lynk&CO.。这对于海拉来说是支持他们的绝好机会。数据、软件和服务会变得更加重要。

对话舜宇光学：做到车载镜头出货量全球第一，还要在自动驾驶领域走得更远

作者：思佳

导语：有这样一批企业，他们不像 Mobileye 那样常游走于科技头条，但却很可能是 Mobileye 优秀性能背后关键的一环。



不论是前段时间搞了大新闻的 Mobileye，还是博世、大陆等全球顶尖的汽车 Tier 1 供应商，抑或是 Velodyne 等激光雷达企业，他们都在为一个共同的目标深化对整车厂的服务，那就是让汽车更好地“看见”世界。

随着自动驾驶的关键时间点 2020 年的迫近，车载传感器出货量将迎来爆发，并成就无数抓住机遇的 Tier 1 供应商。但有这样一批企业，他们不像 Mobileye 那样常游走于科技头条，但却很可能是

Mobileye 优秀性能背后关键的一环。舜宇光学科技就可以归为此类。

舜宇对车载领域的入局始于 2004 年，这个时间相对于 1984 年成立的舜宇算是相当年轻，然而到 2012 年，舜宇的车载光学镜头出货量就达到了全球第一，并延续至今，去年，舜宇又切入了对激光雷达的相关产品布局。

为了更好深入车载市场，舜宇集团成立了旗下的舜宇车载光学技术有限公司专攻于此，十余年来，市场格局逐渐在变化，车企和 Tier 1 供应商的产品需求也在变化，这些渐进的汽车产业链变革，都被舜宇以一个上游 Tier 2 供应商的视角看在眼里。那么，舜宇能否更直观地感受到车企和 Tier 1 的自动驾驶进展呢？自动驾驶又为车载传感器镜头提出了哪些具体的性能要求？带着这些问题，日前雷锋网新智驾赴宁波走访了这家企业，与舜宇集团总部 Charles、车载光学技术有限公司市场部负责人 Tani 聊了聊。

从车载摄像头到激光雷达，无数车辆的眼睛都离不开“镜头”

一个完整的车载摄像头传感器，可能会包括镜头、模组等不同组件，舜宇负责的并不是整机，而是那个让传感器透光从而得以“看见”的镜头。目前，基于车载传感器的不同需求，不同的摄像头对镜头的性能也大不相同，有些视觉类传感器甚至仅用塑料材料制作镜

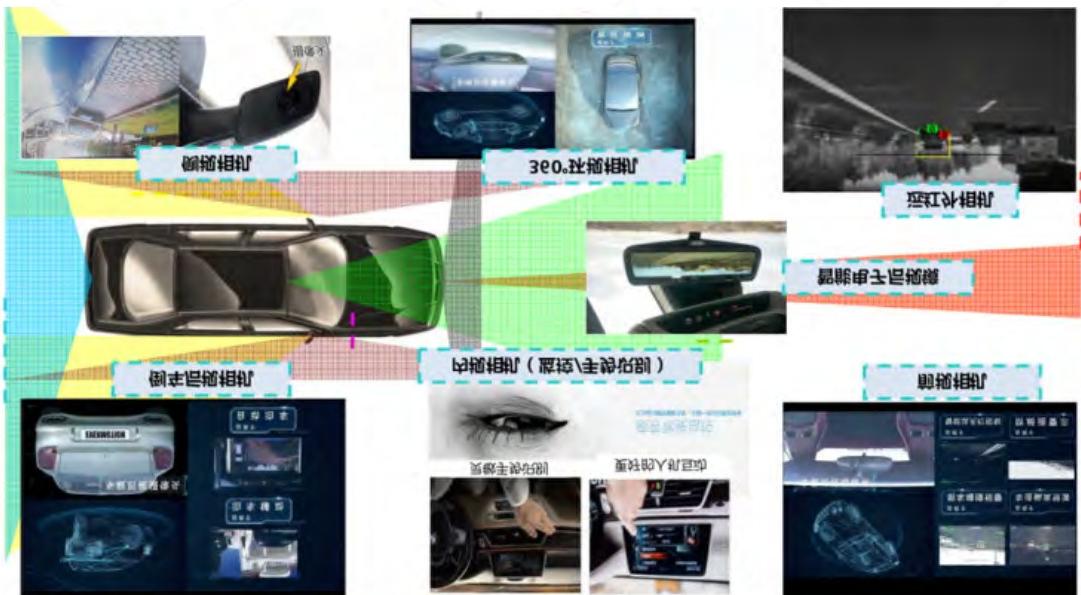
头，有些则是玻璃的或是玻塑混合的，这个市场有多数人不太知晓的标准和规则。

雷锋网(公众号：雷锋网)：能不能给我们讲讲舜宇切入车载市场的发展历程？目前的产品线布局如何？

舜宇：2004年，我们进入汽车行业，客户主要是来自全球的Tier 1供应商。其实之前我们与Tier 1厂商打过交道，2004年他们问我们有没有兴趣做这类产品，这就成为舜宇切入车载市场的一个契机。当时推出的第一款产品，就是面向ADAS功能的镜头，即舜宇的首款LDW（车道偏离预警）镜头，这款镜头在2006年实现量产，那个时候，整个ADAS市场还处于起步阶段。



之后，我们发现，车载镜头有其他更多应用，而且车载镜头与之前的手机、数码相机等镜头的性能要求是不同的，尤其对于ADAS传感器镜头，它的一个特点就是要求在各种严酷环境下保持镜头的良好稳定性。同时，ADAS镜头对镜片等性能要求相对而言更高，一些视觉类能用塑料镜片解决的问题，到ADAS镜头中却不允许由于温度影响造成的变异，但如果都是用玻璃镜片，又会造成价格无法被市场接受，所以，我们对ADAS镜头的玻塑混合技术有专门的研发，目前，我们的玻塑混合ADAS镜头已经实现量产了，已经搭载的汽车包括奔驰等品牌。



*舜宇车载产品线的应用场景

至此，我们的产品逐渐覆盖了车载摄像头的各个领域（前视、后视、内视（驾驶员监控/手势识别）、环视、智能后视镜等），
2012 年开始，我们做到了全球车载镜头出货量的第一，占有率达到 30%以上。2016 年全新宝马 7 系中的镜头都来源于我们。

同时，我们也进入了 HUD（平视显示器）领域。其实这个技术并非自动驾驶不可或缺的，但我相信 AR HUD 等更新的技术会成为智能驾驶中必要的组成部分。

在做了很多年车载镜头业务以后，我们开始发现，与自动驾驶相关的其他汽车传感器，例如激光雷达，也是与光学元器件密不可分的。所以之后，我们确定进入激光雷达领域。但不论是 HUD 还是激光雷达，我们都是围绕光学去做的，我们的核心优势在这里。这就是目前为止我们的整体规划。

雷锋网：激光雷达这部分的具体产品思考是怎样的？光学元件对激光雷达设备到底起到什么关键作用？

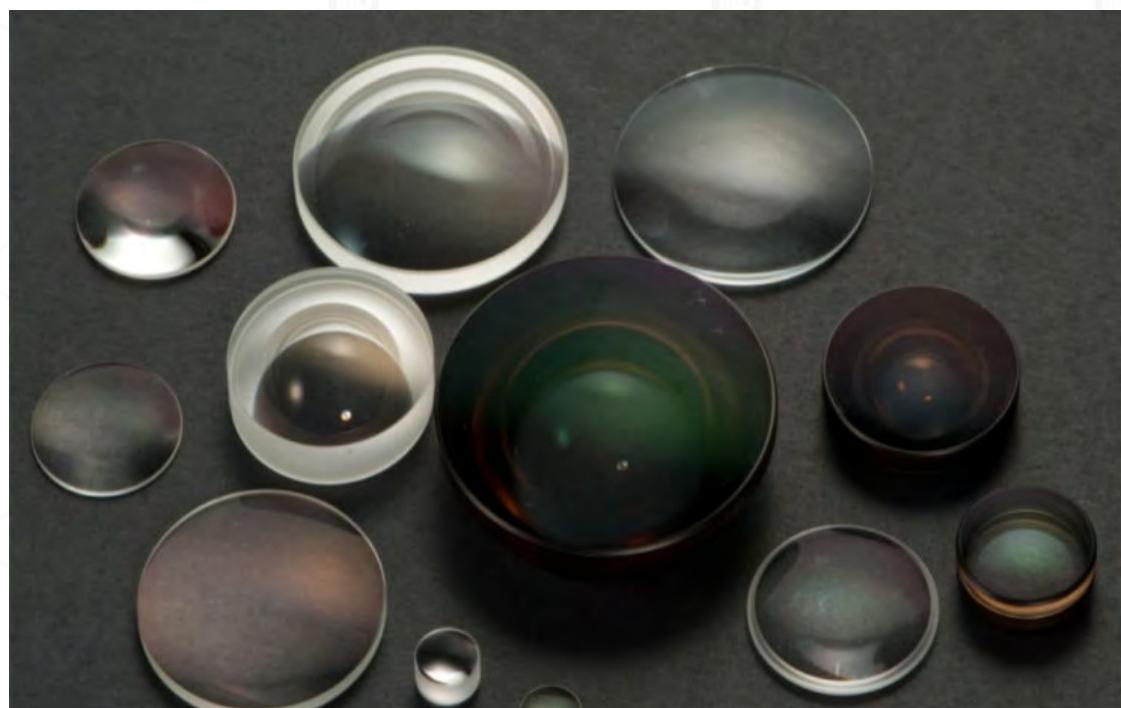
舜宇：我们在激光雷达领域的定位是只做与光机相关的零部件，不做整体的激光雷达。目前市面上的主要激光雷达种类，包括机械旋转式、相控阵、3D Flash、MEMS，甚至是相干光等。我们在做了一些市场调研后，发现激光雷达多数都需要光学元器件，可能是一个单片光学元器件，也可能是一个镜头。通过这个方向，我们划分了针对激光雷达的几款光学元器件产品，基本可以适配各类的激光雷达。

至于作用。一个行业的初期许多时候是做概念、做 Demo，并不会对元器件价格太过在意。但未来，当激光雷达面对商业化、量产性两个实际问题时，就不得不重视每一个零部件的成本、品质稳定性等问题。舜宇的优势在于光学核心器件和车载镜头的经验，能够将车规级的光学核心器件制作出来，并在镀膜、各种环境下的品质稳定性等方面做到很好。而这些光学元器件，是支持激光雷达接收、发射的重要部件，它的稳定性决定了整个激光雷达产品的使用寿命。

雷锋网：从技术角度，激光雷达对光学镜片的要求有什么差异化的地方吗？

舜宇：目前使用激光雷达的自动驾驶方案主要偏重两种方向，低线对和高线对。

低线对方案中，激光雷达只是一个补充，并不是最重要的传感器；高线对则以激光雷达为主要传感器，要求精度很高。这会对其零部件产生不同的要求。与此同时，激光雷达的光学器件口径比普通的车载传感器大，目前至少是常规的4-5倍。常规的镜片以球面、非球面居多，但激光雷达使用的镜片除此以外还有自由曲面镜、柱面镜等。



*舜宇光学部分镜片产品

雷锋网：能否介绍一下目前与激光雷达企业的合作进程？

舜宇：目前，我认为这个市场的的机会已经到来，这是因为许多激光雷达企业正在布局量产化。当他们开始准备量产，就不得不考虑商品化的问题，并寻找更加合适的供应链和供应商合作伙伴。目前舜宇与国际主流的激光雷达厂商都有合作在对接。不过，虽然一些产品已经面世，但厂商给我们的量产时间要到 2020 年，因为汽车行业的产品本身研发周期就很长。

什么样的“镜头”才称得上车规级？

镜头是车载传感器的重要部件，但它的细节却不会为常人留意。那么，细致地讲，到底什么样的镜头零部件才能满足车规要求呢？不同传感器需要的镜头又有何不同？



雷锋网：能否具体介绍一下不同的车载传感器对镜头有什么具体的需求？在特性上有何区别？

舜宇：目前，我们的镜头主要应用在前视（ADAS）、后视、环视和内视（手势识别、面部识别（眼球监控）等）以及智能电子镜，不同的产品代表不同的镜头特性。

前视（包括 ADAS、自动驾驶传感器）：

- 持续稳定的聚焦特性和热补偿特性，能在不同温度工况下保持稳定性

- 高通光特性，保证低照明条件下的良好成像效果
- 清晰成像效果，能够有效捕捉和分辨物体细节
- 杂光、鬼影控制，要能够改善车大灯等正面强光干扰

前视传感器能够应用于车道偏离预警、智能远光灯控制、前车碰撞预警、超速预警等场景中。



*舜宇光学前视镜头产品

后视/环视：

后视传感器与环视传感器对镜头特性要求类似，大致分为以下几点：

- 防水性能要求高

- 优秀的温度特性，以保证高清晰度效果
- 光畸变校正，提供较真实的实景

后视传感器能够应用于泊车辅助、自动泊车等场景中。环视镜头在后视镜头的基础上扩大了视野范围，可以呈现完整的车身环境和做一些简单的识别。

内视：

- 内视传感器镜头涉及不同波段的问题，针对不同的识别，波段选择不同，需要将一定的光过滤掉。

内视传感器能够应用于手势识别、人机交互，以及面部表情识别（疲劳监测）等场景中。

智能电子镜：

智能电子镜分为智能电子后视镜（FDM）和智能外后视镜（CMS），智能电子后视镜的视野范围是传统后视镜的3倍。如今，全球范围内，摄像头代替车辆外后视镜的政策正在推进中。

- 需要改善车大灯照射引起的鬼影杂光
- 画面整体解像度要均匀

雷锋网：如果厂商要生产自动驾驶传感器，通常会对你们的镜头提出哪些需求？

舜宇：单就镜头来讲，通常客户会告知他们的传感器是搭载什么样的芯片，不同芯片对应了镜头不同的解像力（图像清晰度）水平，只有镜头与芯片水平相匹配，才能最好地发挥芯片的水平。第二，客户会告知传感器所需要的视场角度，而这个角度也与传感器装载的位置息息相关。

至于品质稳定性上，我们的客户都非常重视这个问题，比如日本客户，他们一直强调，这些产品与人的生命相关联，所以要求产品的0公里故障率是0 PPM（PPM指百万分之一），对品质的要求是非常严格的。



国内 ADAS 市场还处于起步阶段

雷锋网：目前舜宇对于不同车载传感器的供货量比例如何？通过这种上游视角能否对车载传感器市场有一个大致的市场画像？

舜宇：实现量产的主要还是车载镜头，HUD、LiDAR 属于新兴领域，出货量还比较少。目前，舜宇的车载镜头出货量 30KK（3000 万）颗/年，因我们由 ADAS 起步，所以在这个领域经验丰富，使得我们在车载感应类传感器镜头的全球市场占有率位居前列。

车载传感器市场主要还是分两类：主打车载摄像头为主的自动驾驶解决方案，如 Mobileye；同主打 LiDAR 为主的自动驾驶解决方案，如 Velodyne；但是越来越多的 Tier 1 厂家研发自动驾驶解决方案，通过收购/合作/自主研发等布局多传感器产品，资源整合、深度合作对于这个市场来说越来越重要。

雷锋网：就车载传感器产品来讲，现阶段较成熟的是哪些？国内 ADAS 乃至自动驾驶传感器市场处于什么阶段？未来还有哪些增长点？

舜宇：目前视觉类传感器已经基本成熟了，增长趋于平缓，之后更大的增长点还是在感应类传感器。目前，我认为国内这一块市场还没有真正起来，根据法规针对自动驾驶、ADAS 给定的一些时间点（2018 年、2020 年、2022 年），产品以及零部件的研发要进行提前规划，我们现在做的一些产品就是预计在这些时间点量产的。未来，车载镜头会向更高像素发展，800 万甚至 1000 万像素以上的，目前我们已经在研究了。

至于激光雷达，最大的瓶颈仍然是商业化和量产性。虽然目前许多企业在建厂，但我认为真正的大批量生产和使用，还要等到 2020 年以后。而自动驾驶的系列传感器，也需要等到 2020 年-2025 年间才逐渐迎来大批量的量产和喷发。

此外，我还比较看好智能大灯的未来前景。2017年CES展上，我已经看到一些企业通过智能大灯实现一些ADAS相关的传感器功能，同时，智能大灯或许与摄像头、激光雷达等传感器都存在整合的空间。之前有人说用HUD取代汽车中控屏，我相信未来许多传感器都会向更加整合的方向发展。

基于此，我们这些做元器件的企业，要越来越与软件类企业，或是整体解决方案商加强合作。这个变化和不断整合的市场，在推动我们与芯片厂商、方案商等企业紧密合作，一起研发方案提供给车厂。

Tier 2 眼中的车企和供应商布局



雷锋网：舜宇在车载领域的角色比较偏向于Tier 2零部件供应商，供货的客户主要是车企和Tier 1，通过你们的产品出货量，以及对市场的直接观察，目前的汽车产业链是否已经在发生着一些变化？车企和Tier 1有哪些新的动向？会对车载传感器市场产生哪些影响？

舜宇：这个问题我分国内和国外两部分来讲。

国内方面，除了一些研发自动驾驶技术的方案商对这类传感器有需求外，整个市场都还没有起来。换句话说，方案商需要收集数据、测试，有一定的产品需求，但从Tier 1厂商角度讲，需求还没有完

全起来。但国内近来逐渐有一些试水的现象，例如在环视传感器中加一些感应类的功能（如车道线偏移检测），但并不是起到关键决策作用的。我认为，这是车厂或是 Tier 1 的一些试水，要逐渐让民众接受这些功能。

国外方面，实话讲，已经有许多企业是基于自动驾驶的需求来找我们合作项目，国外走得比较靠前。包括车厂，一些车厂给我们的信息是，2020 年后会逐步进行自动驾驶汽车的量产。所以目前我们有很多国外的自动驾驶产品项目在检讨。

自动驾驶传感器市场还是一个早期市场，应该会有多种解决方案来实现自动驾驶。对于自动驾驶方案而言，它的传感器需要布局 360 度可见的感知层，所以目前，对于一辆车，如何装配传感器、装多少传感器，都没有一个固定的标准。此外，对于自动驾驶传感器的像素要求目前也不确定，我们现在讲 1000 万、甚至 2000 万像素，但到底多少就能够满足自动驾驶的传感器需求？这取决于自动驾驶解决方案。

我认为，除了像英伟达、Mobileye 这样拥有非常强大的平台的厂商，未来自动驾驶对于传感器和镜头会有不同的需求方案。目前每个车厂都在寻求他们独特的解决方案，以形成差异化和竞争力；同时，主流的 Tier 1 厂商也几乎都在自动驾驶技术上投入较大资源，

他们是为了能够做出好的产品售卖给车厂。通过车厂、Tier 1 的动作反推需求，我们就能够掌握市场的研发和布局战略。



Mobileye 被收购后首发声：不走这条路，自动驾驶永远都实现不了

作者：思佳

导语：本文来自 Mobileye CTO 兼联合创始人 Amnon Shashua 在收购案后的首次公开演讲。



雷锋网·新智驾按：“这是个尴尬的时刻，不过我们还是来讨论技术吧！”今年3月份在德国柏林召开的博世互联大会2017（Bosch Connected World 2017）上，Mobileye CTO 兼联合创始人 Amnon Shashua 在演讲开场时幽默地如是说。

观众笑了。因为就在这场演讲开始前的两天，英特尔宣布斥资153亿美元收购Mobileye，也创造了几乎是2017年最大、最受瞩目的收购案。

时间回到现在，就在前几天，英特尔已经正式完成对 Mobileye 的收购，故事以 Mobileye 成为英特尔子公司开始一个新的篇章。

很多人都讨论过英特尔这笔钱花得值不值，但不可否认的是，Mobileye 正调用自身在环境“强感知”技术的积累，在自动驾驶领域走得越来越远。同时，Mobileye 实现了技术厂商的跃进，如今真正和车企站在一起。

或许是因为这些，或许是因为其他的什么，CTO Amnon Shashua 在演讲中可以自信地说，“Mobileye 正在走一条正确的路线，不这样做自动驾驶永远都实现不了。”

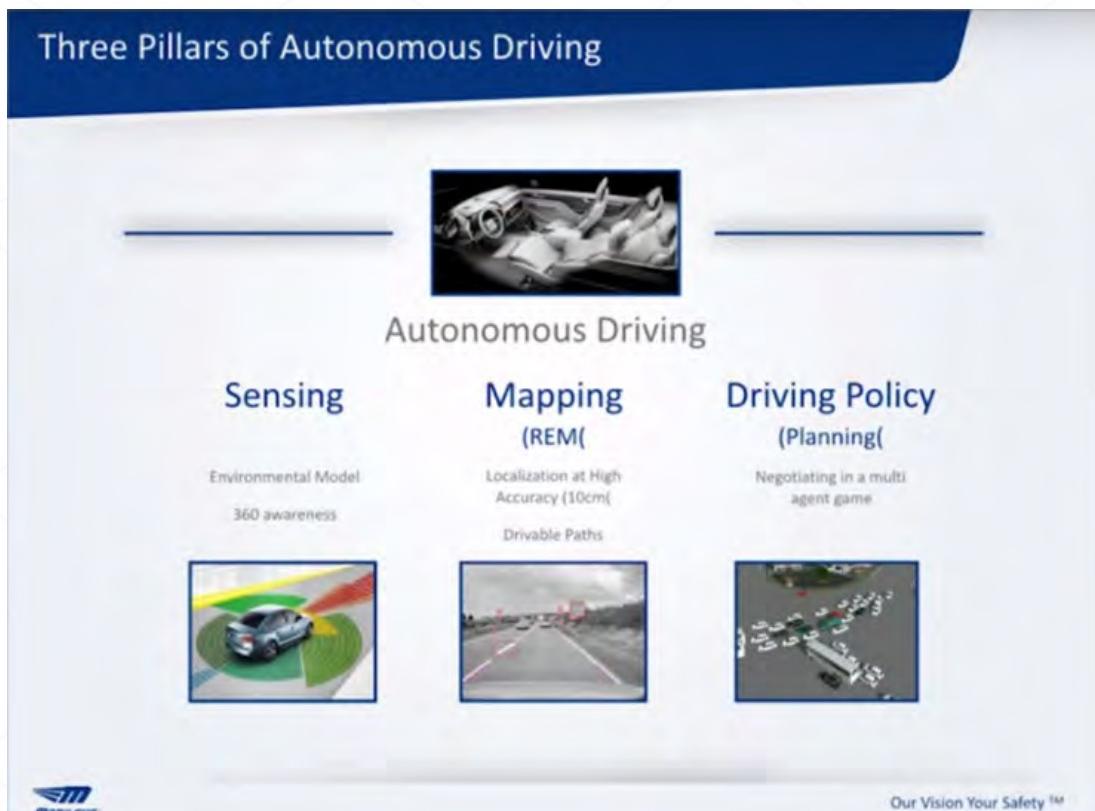
在这个路线中，人工智能不可或缺。Mobileye 到底如何利用人工智能实现对自动驾驶研发的超车呢？答案在 Amnon Shashua 的演讲中，雷锋网·新智驾对演讲内容做了不改变原意的编辑整理。

Amnon Shashua：在浩大的自动驾驶产业链中，人工智能到底扮演着怎样的角色呢？今天我们要来讨论这个问题。

在这之前明确，实现自动驾驶的方案和路径多种多样，我将它们分为两类：比较传统的方案；大量运用人工智能的方案，也是我们正在做的方案。今天会具体介绍他们。

一、自动驾驶三个关键技术

为了实现自动驾驶，我们需要解决的技术主要分为三部分：

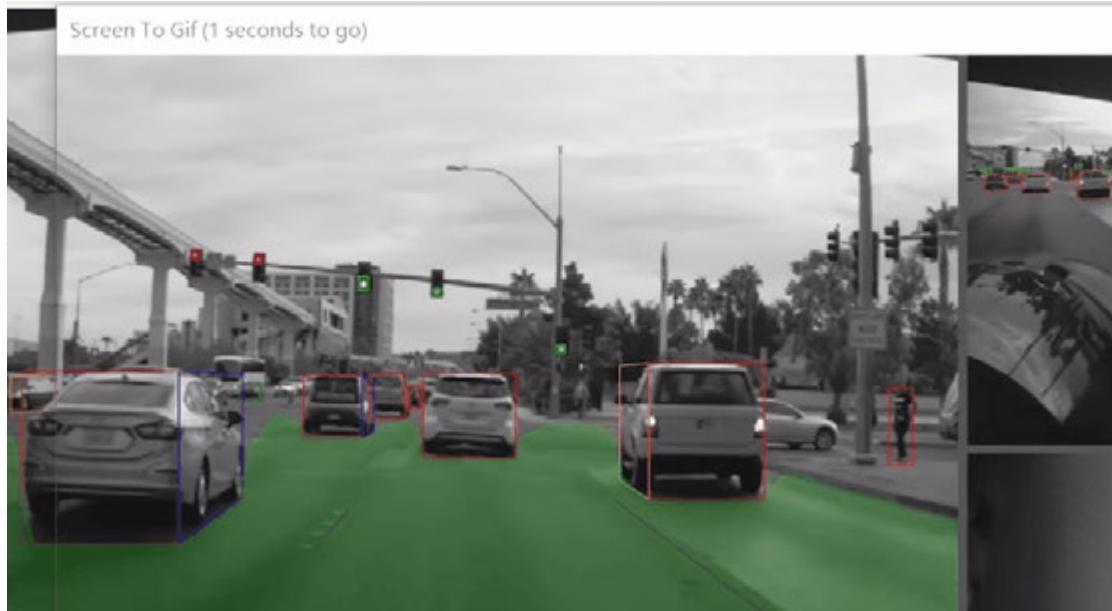


- **感知：**在车辆部署摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器，配合高性能的算法，让车辆感知周边环境。
- **高精度地图：**高精度地图是实现自动驾驶的必要性技术之一，它提供了一种更前瞻的信息指示和冗余性，是保证自动驾驶安全的基础。
- **驾驶决策：**在驾驶决策的技术研发中，往往能为人工智能提供大量用武之地。其最终目的是，让自动驾驶车辆在面对复杂交

通环境时，能够像人一样驾驶，拥有人类的一些决策属性和技巧，同时也要保证安全。

二、人工智能在感知中的应用

下图是我们与德尔福合作研发的自动驾驶 demo，车辆在长达 10 公里的拉斯维加斯街道上完成了无干预的自动驾驶。图中可以看到，3D box 准确框出了每一台车辆，绿色部分标识了可驾驶的空白区域，同时算法对交通灯、交通指示牌也进行了识别。总的来说，这台自动驾驶车对周边环境进行了 360 度的感知识别。

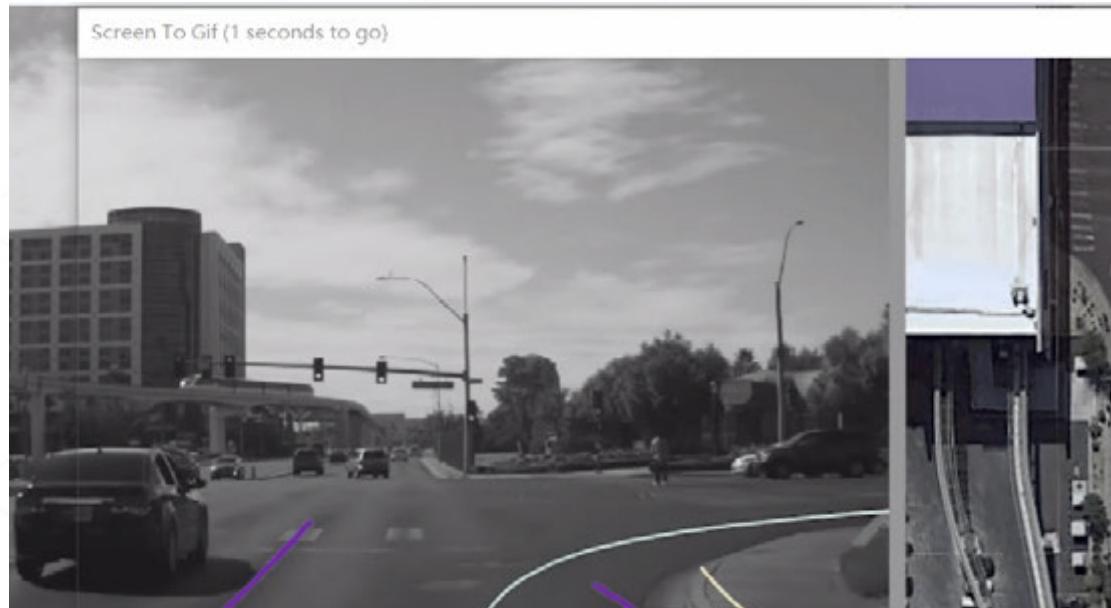


再来展示一下关于绘图的内容。下图展示的是 Mobileye 近一年半时间研发的 REM (Road Experience Management) 路网采集管理系统，这是我们通过众包模式收集数据绘制高精度地图的方法，这些

采集到的路标构成了 RoadBook (路书)。该项目中，我们与宝马和其他汽车平台合作，进行数据收集。

最终我们得到一个存储在云端的地图，它可以投射在两个界面上，图中右手边是将数据投射在谷歌地球上，这样可以得到大尺度的精度参考，左手边是投射在车辆采集的实时图像上。

当运行起这样的系统时，可以看到投射在谷歌地球和车辆视角图像的车道线非常精准，同时标注出了道路标识等信息，精度达厘米级。



这是另一个 demo，与尼桑汽车在伦敦街道上的道路测试。



在这个过程中，人工智能发挥了哪些作用？

当提到车辆感知，通常指的是物体检测的过程，即道路上的车辆、行人、交通标识、交通灯等等。

Artificial Intelligence and Sensing

Sensing

Machine Learning Application (from "easy" to "hard")

Object Detection (vehicles, pedestrians, traffic signs, traffic lights..)
 image → bounding box

Semantic Free Space (free area bounded by physical obstacles)
 image → free-form boundary
 detection of boundary type ("path delimiters")

Drivable Paths
 image → "a story"
 describe the static scene with the terminology of an HD-map
 "strong perception"

 Our Vision Your Safety™

- **环境感知的阶段一：感知障碍物。**对机器而言，输入的是图像，输出的其实是 bounding box，如一辆汽车的 bounding box、一个行人的 bounding box。这是如今的驾驶辅助系统，我们需要检测车辆、行人等物体，再根据这些障碍物进行相应的驾驶决策。
- **环境感知的阶段二：感知空闲区域（free space）。**过去的环境感知，是检测路缘、护栏等障碍物，依此判断哪里能够驾驶，哪里不能。而现在换一种方式，输入仍然是图像，但输出是一种自由形式的边界范围（free form boundary）。对边界范围进行识别，我们需要对诸如车道线、路缘等等特征进行语义理解，这使得系统实现变得更复杂。
- **环境感知的阶段三：感知可驾驶区域（Drivable Paths）。**这个阶段产生的是真正的颠覆性技术，系统将感知每条道路通往何地，以及与道路相关的语义理解，例如这条路有多长、这条道路会通往高速、高速的出口又在哪里...所以这个时候，**输入是图像，但输出的是一个故事**，是要去描述一个的场景，而不是只是识别出障碍物。我们将这称为“强感知”，这确实是一个开放性的问题。

以上就是 Mobileye 在车辆感知中应用人工智能的尝试。第一阶段是单纯软件问题，第二阶段进行了升级，目前已经实现量产，比如特

斯拉的第一代 Autopilot 系统，第三阶段是非常有挑战性的，同时需要大量的人工智能技术参与。

三、感知技术与高精度地图的融合

感知技术是如何被运用的？

感知技术是如何被运用的？目前主要有两种路径，第一种“重地图模式”（Map heavy approach），第二种“轻地图模式”（Map light approach），Mobileye 属于第二种方式。

The diagram is titled "How is Sensing Utilized?" and includes a "Sensing" header. It compares two approaches:

- Map Heavy Approach**
 - Use a 3D sensor (Lidar) to place Vehicles/Peds onto the 3D coordinate system of the car.
 - Localize the car on the HD-map and place Vehicles/Peds on the HD-map.
 - Inherit a unified static (driveable-paths from HD-map) and dynamic (vehicles/peds) environmental model.
 - Robustness/enrichment using other sensors: lift to 3D coordinate frame.
 - 2D -> 3D is hard
- Map Light Approach (CSLP)**
 - Use cameras to detect Vehicles/Peds and Driveable Paths (static and dynamic are in the same 2D coordinate system)
 - Localize the car on the HD-map by projecting map data (driveable paths and landmarks) onto the 2D camera image (REM)
 - Inherit a unified environmental model by "lifting" the 2D image to a 3D coordinate frame using REM.
 - Robustness/enrichment using other sensors: project to 2D coordinate frame.
 - 3D -> 2D is easy

Mobileye logo is at the bottom left, and "Our Vision Your Safety" is at the bottom right.

1、重地图模式

这种方式很好描述，也很容易使用和部署。但这是一个错误的方式。为什么？下面具体介绍。

- 这种方式通过使用 3D 传感器（如激光雷达）来检测车辆和行人，然后被呈现在车辆的 3D 坐标系统中。
- 之后，将车辆在 3D 地图中进行定位。实现方式有多种，例如车辆通过激光雷达采集了周边环境数据，并与已有的高精度地图数据进行匹配，就可以进行自定位。
- 将步骤一中检测到的车辆和行人放置到高精度地图中，因为你已经实现了自定位，而高精度地图中包含了所有车道线等信息，所以你已经拥有了“上帝视角”，你从高精度地图上获取了可驾驶的路径，同时有通过感知得来的物体检测信息，所以直到目前，似乎我们不需要任何摄像头。

如果你回忆一下谷歌最初的无人车原型，他们没有部署环境感知摄像头，只有一个看交通灯的摄像头，其他都是基于激光雷达完成的。

这就是第一种路径。

2、轻地图模式

现在，如果你希望系统有更好的鲁棒性。你就需要加入更多的传感器，例如摄像头。每加入一种传感器，都需要将其数据转化成三维，所以，如果你现在拥有摄像头数据，就必须将摄像头数据加载在 3D 坐标系统中。

问题在于，由 2D 转向 3D 是很困难的，毫米波雷达的数据也是 2D 的，它测量不同的维度，但仍然是 2D。我们使用轻地图模式，解决这个问题。

- 使用摄像头同时检测车辆、行人以及可驾驶路径。即将静态和动态场景描述放在同一个 2D 坐标系统中。
- 通过将高精度地图数据投射在车辆获取的 2D 图像中进行车辆自定位。该技术在上面的 demo 中已经进行了展示。
- 现在，我们使用这种投射方式，建立一个车辆和可驾驶路径的统一 3D 视角，因为地图是三维的。而当你需要加入一个额外的传感器，如毫米波雷达、激光雷达等传感器，你所有需要做的，就是将 3D 转换成 2D。例如将激光雷达数据投射到二维图像中，这是比较简单的。

举个例子，这是将激光雷达数据和其他数据投射到二维图像上的示例。

Projection 3D->2D is easy

Sensing

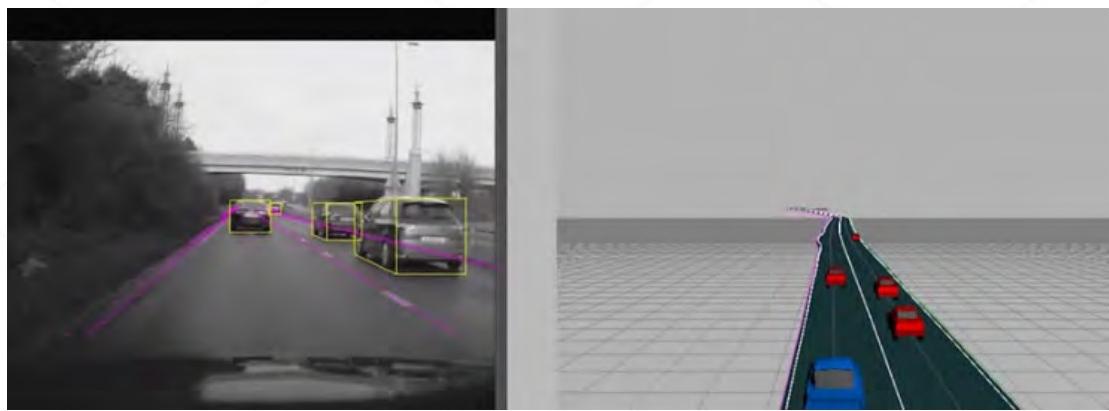


Our Vision Your Safety™

这是将毫米波雷达数据投射到二维图像的示例。



现在，让我们看一下这种方式的优势。如下图所示，左侧展示了右侧图像的仰视图视角，并且我们可以非常准确地获取这种视角。



所以，摄像头加地图就可以提供所有驾驶需要的信息，之后毫米波雷达和激光雷达等传感器，会处理一些冗余的问题。

接下来，我们总结一下这两种路径的优缺点。

Map Heavy vs. Light: Pros & Cons		Sensing
Map Heavy Approach <ul style="list-style-type: none"> Pros: <ul style="list-style-type: none"> rapid prototyping - within 6 months one can make impressive demos. Cons: <ul style="list-style-type: none"> HD-map becomes single-point-of failure. Drivable paths and Vehicles/Peds do not “live” together - each is seen by a different sensor. Coordinate alignment becomes another point of failure. Creating HD-maps requires manual labour - a financial point of failure. 	Map Light Approach (CSLP) <ul style="list-style-type: none"> Pros: <ul style="list-style-type: none"> camera is the only sensor that can “see” both vehicles/peds and drivable paths in the same coordinate system. HD-map creation and localization can be done through camera sensing - allows for crowd sourcing (REM). Low cost L2+ systems (no Lidar) is possible. Cons: <ul style="list-style-type: none"> Very challenging to implement. The burden on achieving “strong perception” is very high. 	

Map Heavy Approach

- Pros:**
 - rapid prototyping - within 6 months one can make impressive demos.
- Cons:**
 - HD-map becomes single-point-of failure.
 - Drivable paths and Vehicles/Peds do not “live” together - each is seen by a different sensor. Coordinate alignment becomes another point of failure.
 - Creating HD-maps requires manual labour - a financial point of failure.

Map Light Approach (CSLP)

- Pros:**
 - camera is the only sensor that can “see” both vehicles/peds and drivable paths in the same coordinate system.
 - HD-map creation and localization can be done through camera sensing - allows for crowd sourcing (REM).
 - Low cost L2+ systems (no Lidar) is possible.
- Cons:**
 - Very challenging to implement. The burden on achieving “strong perception” is very high.

Our Vision Your Safety™

重地图模式的优点：

- 非常容易设计出原型，找 10 个有才能的工程师，不出 6 个月的时间，你就能到一个不错的 demo。这就是一些硅谷团队在做的事。

重地图模式的缺点：

- 会造成车辆对高精度地图的过分依赖，没有高精度地图，你什么都做不了。
- 可驾驶路径和车辆/行人处于不同坐标系统中，没有协同，且每类物体由不同的传感器识别。当你将它们同步到同一个坐标系统中，容易产生错误。
- 真正重要的是，创建高精度地图需要人工标注，这是一个巨额的成本投入。

如果没有一个真正经济的高精度地图绘制方式，自动驾驶很难真正落地。而如今许多公司在绘制高精度地图时使用的方式都是非常昂贵的。

轻地图模式的优点：

- 摄像头是唯一的环境感知传感器，在同一坐标系统中同时检测车辆/行人以及可驾驶路径。

- 使用车载摄像头传感器众包获取数据，制作高精度地图，大大降低了成本。
- 可实现低成本的 level 2+ 等级自动驾驶。在 level 2 中，驾驶员需要对车辆驾驶控制负责，但是通过轻地图模式，可以实现类似 level 3、level 4 的体验，同时激光雷达将不是必须的。这开拓了更广泛的商业和市场前景。

轻地图模式的缺点：

- 非常难以实现。

如刚才所说，感知的第三阶段很复杂，且需要大量人工智能技术辅助。**雷锋网** 但从长远角度看，这是一条正确的路径。重地图模式短期来看易于实现，但长期而言，不能形成规模化。

四、人工智能为驾驶决策带来了什么？

The Need for Human-like Driving

Driving Policy

Driving is a “multi-agent” game

As long as other agents are human, robotic agents should adopt “human-like” negotiation skills

Need to guarantee Safety

Human drivers are bumping into driverless cars and exposing a key flaw

DETROIT (Bloomberg) — The self-driving car, that cutting-edge creation that's supposed to lead to a world without accidents, is achieving the exact opposite right now: The vehicles have racked up a crash rate double that of those with human drivers.

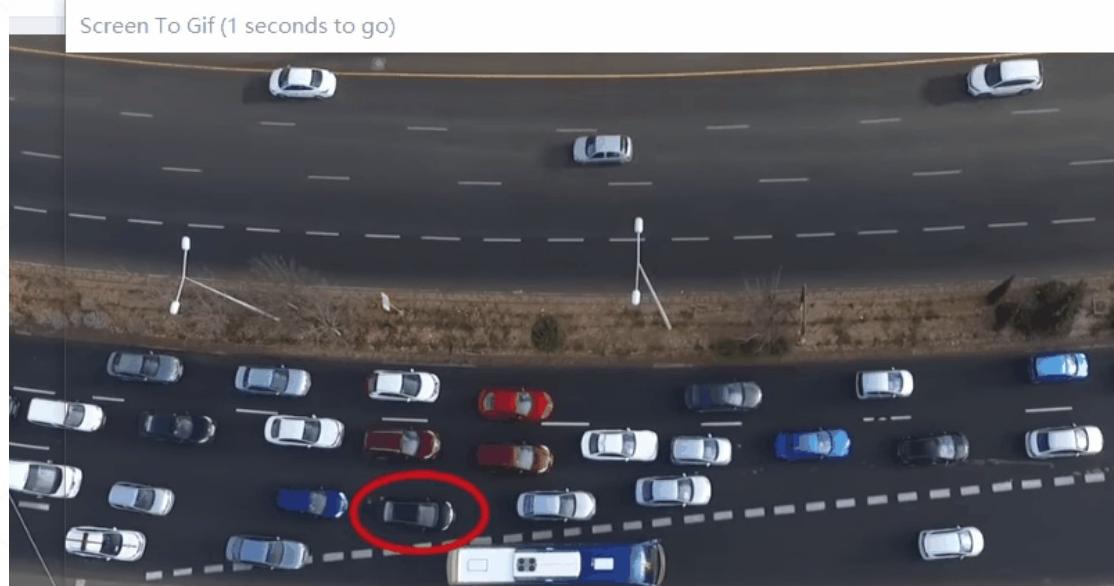
They obey the law all the time, as it, without exception. This may sound like the right way to program a robot to drive a car, but good luck trying to merge onto a chaotic, jam-packed highway with traffic flying along well above the speed limit. It tends not to work out well.

Our Vision Your Safety™

这部分讲驾驶决策，即复杂交通中的博弈。上图中的新闻，是大概一年多前，自动驾驶撞人的案件。无数自动驾驶车都在面临一个共性的问题，他们的驾驶决策太过简单，当一些复杂的、意料不到的事情发生时，驾驶员必须要进行接管。机器无法做出人类面对复杂情况的博弈和决策。

前提是，驾驶是一个“多主体”的游戏，只要道路上还存在人类驾驶员，那么机器就必须明白人类的决策技巧，人类容易冲动，人类会犯错，所以自动驾驶车需要与人类司机进行协同配合，同时要保证安全。

所以，现实生活中的交通到底是什么样呢？为了弄清楚这个问题，我用一架无人机进行航拍，拍下了一些现实交通的画面。



上面这辆车尝试并线，没人给这个“可怜的人”让行，不过这就是现实生活！所以想象一下，把这个场景交给自动驾驶车，你如果希望它能做到这样，那就是天方夜谭了，做到接近都是不可能的。

我们更具体地聊聊。下图展示了双车道并线问题，这是我们与宝马汽车合作的项目，目的是解决现阶段一个非常具体的驾驶问题，也是一个非常困难的问题。

Double Lane Merge

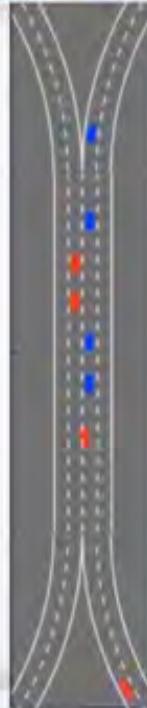
Driving
Policy

In double-merge, just "squeezing in" is not sufficient. Other agents have their own plans.

In double-merge there are no "right of way" rules - it is a real and tough negotiation

Need to plan many seconds ahead - search space of states is gigantic

Heuristics alone cannot possibly handle the negotiation and guarantee safety



在双车道问题上，车辆会从两侧车道会车，为什么这个问题具有挑战性呢？因为车辆不是简单地挤进来，它可能会干扰其他车辆行驶，也有可能产生两车僵持的情况。但对于两车道会车，没有一个明确规则，唯一的规则就是不要发生事故。

在四车道的十字路口会车时，其实并不是最难的，因为十字路口有交通灯，有规则，但这种双车道会车的情况则不同。所以，你必须预估出之后几秒的情况，并做出规划，你需要估摸出会车间距和通行的时间，能够在不发生碰撞的情况下及时通过。所以，这其实是一种非常困难的问题。

Machine Learning: Learn by observing data rather than programming by rules



Pros: much easier to observe and collect data than understanding the underlying rules of the problem you wish to solve



Cons: ML is based on the statistics of the data and ability to sift through the data, thereby failing on “corner” cases.



Our Vision Your Safety™

所以，我们希望能利用机器学习解决这个非常复杂的问题。而机器学习的趋势，就是数据驱动。

- 优势：比基于规则的算法更简单地观察和收集数据。在很多场景中都是这样，例如自然语言识别、计算机视觉等等。历史经验表明，机器理解潜在规则是很难的，但收集数据，用数据驱动机器学习算法性能，会获得更好的表现。

所以，大规模应用机器学习，是一个正确的趋势。

- 缺点：机器学习的性能表现取决于你用来训练它的数据，这就意味着有可能出现“临界”情况。而找到这样的临界情况需要更多的数据，以及更多的尝试，直到筛选出临界情况。

Sensing versus Policy

Driving
Policy

Sensing

Sensing the present

Technology

Deep supervised learning

Driving Policy

Planning for the future

Technology

Reinforcement learning



Our Vision Your Safety™

所以，机器学习是一个有监督的学习过程。在感知过程中，你感知的是当时的场景，而在感知背后的技术，是过去的积累和学习，是深度、有监督的学习；而当提到驾驶策略时，你其实是在计划未来，这是一个不太一样的机器学习方法，被称作增强学习，在其中你需要与环境进行交互。

为什么这两者在叫法上不同？他们的区别在于，使用数据的方式。

Data for Training and Validation

Supervised Learning

Actions (or predictions) taken by the learner have no effect on the environment

Data for training (and validation) can be collected in advance

Reinforcement Learning

Actions (or predictions) taken by the learner affect on the environment

Data for training (and validation) cannot be collected in advance

Every new version of Policy requires a new data collection

Challenge: how to guarantee safety of ML-based technology?

1、有监督的学习



在有监督的学习中，我们预测的行动不会对环境产生影响，因此我们可以一次性收集所有的数据，也可以在线下收集数据，然后再用这些数据不断训练神经网络，直到找到所有的“临界”情况。

2、增强学习

在增强学习中，我们的行动会对环境产生影响，这意味着，如果我决定左转，我就正在影响其他驾驶的车辆。所以，现在如果我要更改软件，那意味着我需要重新收集所有的数据，因为每一次变化驾驶决策，就是在改变影响环境的方式。

这会造成一些问题，因为临界情况在驾驶中就代表着“事故”的可能性。而事故是一个小概率事件，为了找出这种临界情况，那么我们就需要大量的数据，而每次要修改软件时，又需要重新再收集一次数据。这就造成了很大的问题。

这也是为什么传统基于规则的路径规划算法没有引入机器学习，因为这个命题并不是那么吸引人，这听起来并不是什么好主意。

所以，我们找到了了一种解决这个问题的方式。用这种方法，我们可以使用机器学习算法，同时避免数据量的爆炸，并确保安全。在 Mobileye 网站上可以找到这篇论文。

我们在仿真实验中对其进行了测试，下图中的 8 辆汽车都是被训练的驾驶主体，随机分布，可以看到，它们经历了复杂的调度决策。



在这个仿真实验中，共经历了 10 万次路测驾驶，每次测试中有 8 个驾驶主体、位置随机，没有发生碰撞事故。系统性能达到每秒 10hz 的频率响应。占用的计算量仅 1%，而这些，正是得益于人工智能。

在传统的方法中，你试图开启的是一棵包含了所有可能性的树，这最终会导致数据爆炸和系统瘫痪。但如果使用机器学习，就像谷歌 Alphago 赢得了人类积累了数千年历史的围棋，你正在开启一种新的可能性。

你使用了一种新的方式，通过数据驱动的方式，穿越了这棵巨大的树。



目前，Mobileye 已经在进行相关的研究，如下图，所有的驾驶主体都是被我们训练的样本，可以看到，它们的驾驶行为已经越发接近人类。

Negotiating Unstructured Traffic

Driving Policy



Our Vision Your Safety™



Summary

Sensing, Mapping, Driving Policy

Sensing done right: “strong perception”

Mapping done right: “strong perception” allows automation of HD-map creation and update and crowd sourcing

Driving Policy done right: Human-level negotiation, be nimble as a human yet guarantee safety. This is a great challenge.



Our Vision Your Safety™

总结一下，Mobileye 如何利用人工智能加速自动驾驶的落地？主要是以下几部分。

1、正确的感知：即通过“强感知”理解可驾驶的路径。传统的方法过分依赖高精度地图，而规避了技术上难以实现的部分，但如果这样做，就不会形成规模化系统。

2、正确的绘图：使用“强感知”技术，通过众包自动生成高精度地图。我们的技术最终希望高精度地图的生成完全自动化。

3、正确的驾驶决策：让自动驾驶车达到人类等级的判断力，像人类一样敏捷，同时还要确保安全，这是一个挑战，我们在这部分的研究仍处于起步阶段。大家可以在[雷锋网](#)网站上浏览我们的研究论文，在这方面我们与宝马汽车进行了许多项目研究。

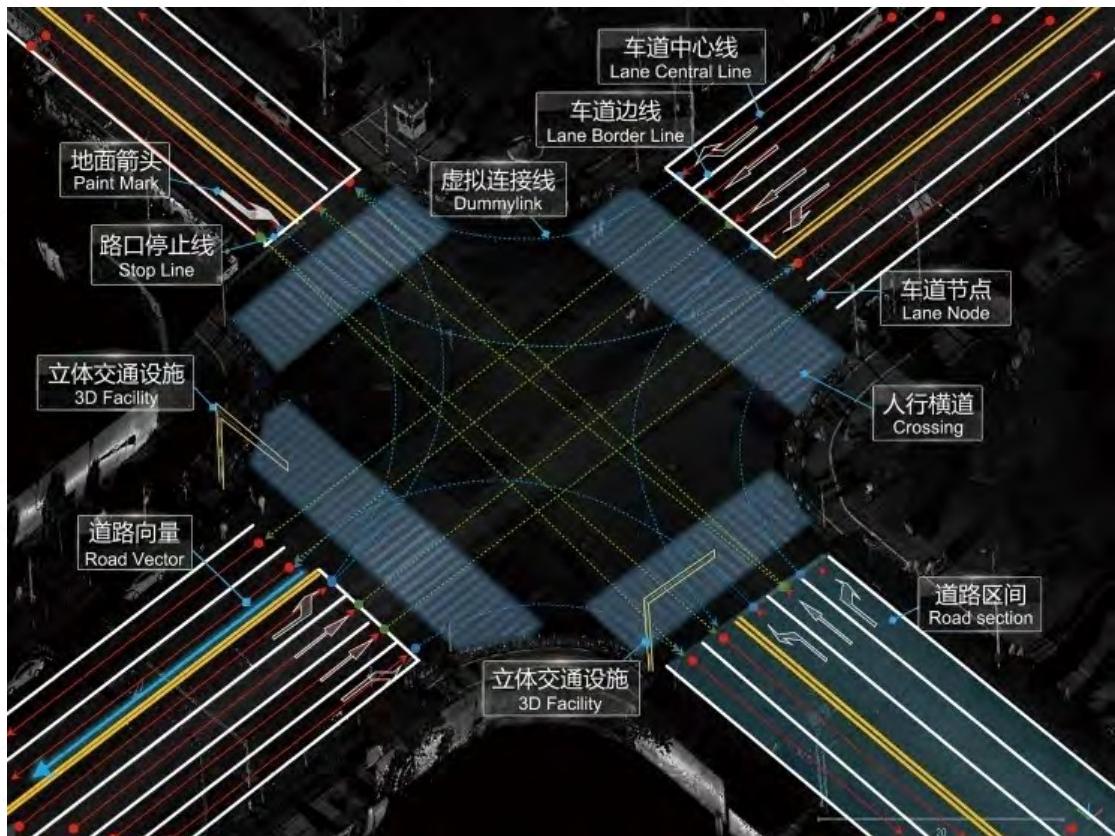
而在这部分，如果我们不能正确的解决，那么真的无法使自动驾驶落地。这其中将涉及大量的人工智能技术。

以上，就是人工智能在自动驾驶领域的创新应用和变革。

专访光庭：传统测绘与众包模式融合， 高精地图呼唤新的算法与平台

作者：易建成

导语：图商做的高精地图和初创公司做的高精地图有什么不同？



2012 年，光庭在获得地图测绘资质之后，深感在传统地图行业已经很难撼动对手的地位，光庭就将视线放到了自动驾驶需要的高精地图上。

2013 年，光庭成立自动驾驶技术研发项目组。据武汉光庭科技总经理苏晓聰向雷锋网介绍，研发自动驾驶的目的，是为了弄清楚前者对高精地图有哪些需求，「希望通过开发原型车来驱动高精地图的开发。」

2016 年 4 月，光庭联合武汉大学、武汉理工大学共同研发的「小鱼畅行」自动驾驶项目，也是上述目的的延续，希望继续探索这样的课题：自动驾驶究竟需要什么样的高精度地图、高精地图中究竟需要包含哪些信息、这些信息需要精确到什么程度，如收集自动驾驶汽车的数据并进行应用等等。

2016 年 9 月，光庭与中海达成立合资公司中海庭——这是一家专注高精地图业务的合资公司。一年后，上汽对中海庭增资 1.46 亿人民币，获得中海庭 51% 的股权，后者正式成为上汽控股的高精地图公司。

随着自动驾驶的发展，高精地图公司被汽车厂商控股、收购只是自动驾驶时代发展下的一个缩影。因为已经有越来越多的车企、风投认识到高精地图的重要性。

奔驰、宝马和奥迪投资 Here 地图，福特、上汽投资 Civil Maps 、软银投资 Mapbox 等一系列投资。相继涌现出的高精地图初创公司，如 DeepMap、Carmera、Civil Maps 、lvl5、DeepMotion 也拿到不菲的融资进入这一领域。

最近据国家测绘地理信息局一则公示显示，滴滴出行参与投资的滴图（北京）科技有限公司提交了导航电子地图制作的甲级测绘资质申请，意图切入地图领域。

同时，阿里巴巴收购高德、控股易图通，腾讯收购科菱航睿、入股四维图新，百度收购长地万方。BAT 通过收购、控股或入股的方式将几大数据商瓜分，在国内抢占高精地图或导航电子地图资质的门槛。

这表明汽车行业和 IT 巨头们非常看重这些创新企业或图商在未来的发展潜力。而自动驾驶的玩家们，也越来越看重地图的重要功能。现在，地图行业遇上了最好的发展机遇。



作为技术专家，苏晓聪主要的研究方向为高精度驾驶地图、高精度定位，多传感器信息融合等领域。光庭早期的原型车「光谷梦」也是在他的带领下研发出来的。作为高精地图行业的「老兵」，他如

何看待这一行业的发展？以下是雷锋网与苏晓聪的对话（有删减）：

雷锋网：光庭最早是做导航出身的，去年光庭与中海达成立合资公司叫中海庭。从做导航到做高精地图，看起来其实是两个不同的行业。在你们看来，这种「转身」是无缝的吗？

苏晓聪：2012 年我们做导航的时候，那时候接触的海外客户就已经有这种高精地图的意识，他们会把一些驾驶员行为习惯的数据导入地图，这种理念是很先进的，可以打造更智能的系统。我们了解到这个趋势后，从那个时候就开始转型。

首先是成立联盟（注：光谷汽车电子产业技术创新战略联盟，现更名为湖北智能网联汽车产业创新联盟）。自动驾驶是一个巨大的系统工程，非常复杂，里面任何一个环节都很重要。那时候我们就开始成立联盟加强交流，相当于一个我们自己的圈子。

其次，汽车行业门槛很高，我们当时想到真正的能切入的点就是高精地图和精准定位。我们认为高精地图绝对是未来汽车 IT 化、智能化的核心。因为所有的数据一定是要有一个时空载体，基础的时空载体一定是地图。而且这些数据一定会和地图发生关联，所以地图是很核心的。另一方面，在国内地图是受管制的，也是稀缺资源。

第三，我们从 2013 年开始开发自动驾驶原型车「光谷梦」，我们的理念非常清楚，弄清楚自动驾驶对地图有哪些需求，规格是什么。我们希望通过开发原型车来驱动高精地图的开发。然后基于高精地图，来延伸开发如高精度定位、地图传感器、融合系统等技术和产品。



雷锋网：近一年我们看到传统图商在做高精地图，在美国或在国内的一些初创公司也在做高精度地图。两者做的高精地图有什么不同？这些公司收集数据的方式也是多种多样的，有用摄像头，有用单个激光雷达。图商可能要几百万的设备去采集，但两者采集出来的都叫高精地图，这又有什么区别？

苏晓聪：肯定会有一些区别。实际上是两种路线，传统测绘地图采集就是利用采集车去采集数据，这是传统的思路。这种思路的好处是，质量和精度可控。

另外一种就是众包。这种理念不是初创公司想到的，这在地图行业一直是存在的，只是说很多数据来源、包括法律法规、深度学习等因素可能当时在条件上还不具备。这两年这些条件具备了，行车记录仪、手机普及，甚至成为标配。现在很多创业公司，它们也并不是说自己独立去做高精地图，它还是会与传统车厂合作，或者有部分基础数据是从第三方拿过来的。

但并不是说我们就要抛弃传统模式，我们的理解是传统模式和众包的模式一定是结合的，它们各有所长，所以这两种方式都会存在并互为补充。

雷锋网：那是初创公司在技术手段上与图商不同？

苏晓聪：肯定会有差异。比如有公司通过安装在出租车上的行车记录仪采集数据。这个思路没有问题。其实图商也在做，但初创公司可能会比较突出这一点。

除此之外，做地图很重要一点：在地图采集过程中有很多参考点。举个例子，摄像头只能获取相对位置，比如车道有多宽、车往前走多少米有什么物体等等，但它并不知道经纬度是多少。所以它一定

是要有控制点做叠加以后，才能把地图匹配到正确位置上。这些是传统图商的优势。

总体上说，我的观点就是，初创公司和传统图商技术路线、大概思路可能是一样的，不会有太大的差异。而且今后的地图更新，众包模式肯定是未来的方向。

现在业内的做法就是结合，既要吸取传统测绘好的做法，比如传统测绘对地图精度质量保证的手段。同时也一定会大力使用这种新兴众包模式，来做地图的维护更新。这两条路看起来是分散的，但一旦到一定程度，它会结合在一起。

雷锋网：为什么这些初创公司有底气来做高精度地图，还是因为现在技术条件已经成熟？在国内，图商有资质，那初创公司到最后还是要与图商合作？

苏晓聪：我的观点是，初创公司更多是做算法和平台，他们在汽车行业相当于 Tier2 的概念，即提供技术解决方案。

其实汽车厂商对地图，包括定位功能的安全等级要求是很高的。所以地图不能出错。对汽车行业来说，要保证安全，不是说是一个算法就能满足的。我们肯定要靠一个流程、一个体系去保证。

这个流程体系类似我们所说的工业生产制造，有很多在实施层面、制作层面，还有很多环节需要去控制质量。所以地图是需要投人力和资源去做的。

初创公司的优势和强项在算法层面，包括平台的构建，技术解决方案的提供。在它之上还会有系统的集成商。他们将拿到的数据放在汽车工业的流程体系中，将这个数据真正做成可量产，可销售的数据。

这个过程，实际上是有许多工作做的，我认为是初创公司目前的重点都不在这上面。真正落地一定是要与产业上下游结合。

雷锋网：高精地图的成本问题目前是绕不过去的槛。比如 HERE 地图在与 Mobilye 合作开发高精地图，从图商角度怎么看这样的合作？

苏晓聪：地图这个方向实际是一个非常大的业务领域，上下游产业链也比较长，有采集、有分析处理、有更新等各种各样的环节。所以整个地图产业，不是说一家就能做的。而且市场足够大，客户有差异化的需求。

成本的问题到最后一定演变成技术上的差异，而不会说有一家公司出现颠覆性的技术，这不太可能。所以这个市场，我个人判断，未

来几年内还会是这样一种百家争鸣的局面，不可能一个流派、一个技术或者一两家公司控制。

雷锋网：今年奥迪推出 A8，搭载 Level3 级别的自动驾驶，它系统里也有 HERE 高精度地图。你们与上汽合作主攻 Level4 级别自动驾驶的高精度地图。那么 Level 3 高精度地图跟 Level 4 高精度地图有什么区别？

苏晓聪：我了解的情况是，高精地图在奥迪 A8 这款车型里，功能比较简单，就是自动泊车、交通拥堵辅助。它对地图的依赖不是很强。

相比现在系统的功能提升，A8 安装了很多传感器，它的控制系统、转向系统也有备份。然后再把一些功能场景限制得很死，比如说高速场景，有隔离带的场景，实际这上对地图的依赖并不强，它更多做的是一些功能冗余，系统的应急方案。

有车企提到 Level 3 自动驾驶一定要用到高精地图。但从奥迪 A8 上看，它对高精地图的依赖性并不是特别强。地图如果加进去，只是增加了安全冗余，并不是说缺了高精地图就不能使用自动驾驶功能。

Level 4 一定需要高精度地图。但它在精度、准确性、地图更新、地图偏转等问题都要解决。如果问题没有解决，这对 Level 4 自动驾驶汽车的量产是有隐患的。

雷锋网：汽车厂商一般会关注高精地图的哪些方面？在汽车行业，我们经常会谈到车规级。那么一个车规级的高精度地图应该是什么样的？

苏晓聪：第一是安全性、可靠性。这是车规级最核心的诉求。另外一个层面是可用性的问题：什么时候能用，与量产能不能配得上，成本是多少？覆盖率是多少？

走的比较前的车厂，更多的考虑就是安全性可靠性问题，我们怎么解决车规级的问题。这其实现在还有很多技术需要完善。

这也是为什么地图行业有这么多新兴玩家，其实这个产业在技术上还有很多上升空间，这也是为什么有很多初创公司进来的原因之一。如果技术已经十分成熟，那肯定就不会有这么多玩家进来。

雷锋网：有一些自动驾驶公司在做自动驾驶解决方案同时，宣称也在做高精地图。这挺让人疑惑的。

苏晓聪：做整车方案的时候，高精地图这个环节是绕不过的。为什么现在的地图资源大家都在抢。其实做人工智能，今后核心的、真

正的算法创新很少，我们大量的优势建立在数据收集能力，数据分析能力上。

但很重要的所有数据拿到手上，是要去分析的。第一个条件就是要把它归纳到地图，就是我们说的时空关联。所以说地图构建所有技术体系，这是最核心的，绕不过去。

另外，地图不像操作系统，可能有好几个标准，包括芯片，也有好几个厂家在做，它们的标准化做得非常好。但地图有地域性差异，根据应用的不同而不同，所以当前阶段来看，高精地图还不稳定，也暂时不是一个标准化的产品。



上汽增资控股后，中海庭首发声：备战 自动驾驶，高精地图面临的机遇和挑 战

作者：易建成

导语：高精地图有哪些机遇和挑战？

雷锋网按：第 19 届亚太汽车工程年会 & 2017 中国汽车工程学会年会暨展览会（APAC 19 & 2017 SAECCCE）于 10 月 24–26 日在上海举办，本次论坛以“未来汽车与交通变革”为主题，逾 3000 位国内外业界嘉宾共同探讨汽车产业车厂与零部件协同创新和技术发展路径。

在“从驾驶辅助到自动驾驶，高精度地图与定位的发展道路”分论坛上，中海庭董事长罗跃军作了名为“备战自动驾驶，高精度地图面临的机遇与挑战”的主题演讲。这也是今年 9 月底上汽宣布控股中海庭后，后者首次对外发声。以下内容由雷锋网编辑整理。



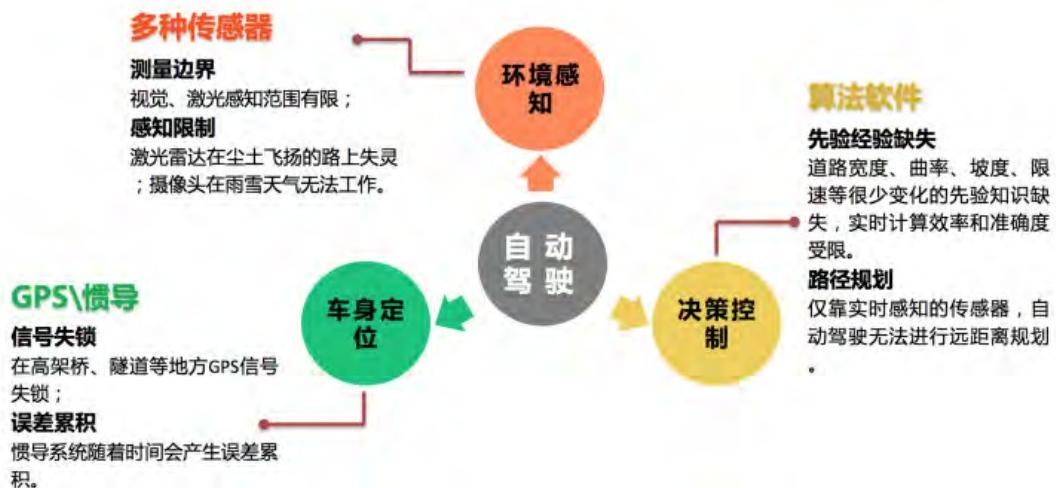
自动驾驶这个领域，政策支持和标准落地将推动自动驾驶实现标准化、自主化。AI技术的长足发展给自动驾驶的实现提供了条件，并深度应用于感知、建图、决策等环节，显著提高了汽车智能的水平。而定位、雷达、视觉等传感器协作融合，通过算法处理形成完成的汽车周边驾驶态势图，提供驾驶决策依据。



在这种环境下，汽车产业将发生新一轮的产业整合升级——而核心的驱动力，就来自人工智能和传感器技术的快速发展。



Waymo 通过多个传感器冗余来保证安全问题。但即使这样的情况下，自动驾驶依然寻找很多不稳定因素，比如在传感器中，视觉和激光雷达的感知范围依旧有限，不可能感知无限远的距离。在某些环境下（如雨雪雾），这些传感器也会失灵。



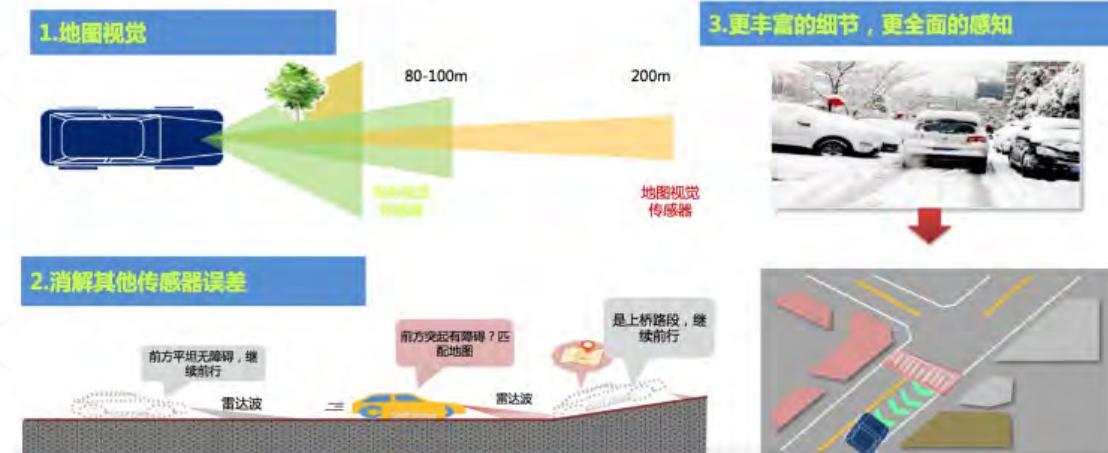
这就是自动驾驶鲁棒性欠缺的问题。雷锋网 智能 & 未来

- 在环境感知方面，由于多种传感器测量的边界，包括视觉、激光感知范围有限；传感器的环境感知限制，如激光雷达在尘土飞扬的路上失灵；摄像头在雨雪天气无法工作。
- 在车身定位方面，在高架桥、隧道等地方 GPS 信号失锁；惯导系统随着时间会产生误差累积；
- 在决策控制方面，道路宽度、曲率、坡度、限速等很少变化的先验经验缺失，实时计算效率和准确度受限；仅靠实时感知的传感器，自动驾驶无法进行远距离规划。

这时候需要引入一个高精度地图传感器，在无死角、无限性、全天候、全天时情况下，依然能够保持正常工作。

高精度地图和自动驾驶

■ 高精度地图是现有**传感器的增强和补充**

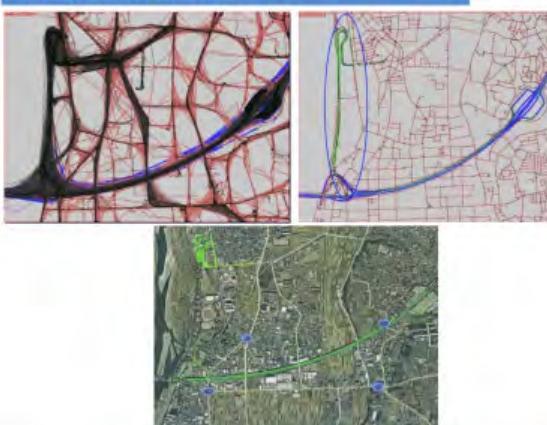


罗跃军表示，高精度地图是现有**传感器的增强和补充**，主要体现在以下三方面：地图视觉、消解其他传感器误差、更丰富的细节，更全面的感知。

传感器系统，无论是激光雷达还是视觉，因为遮挡和距离的原因，它是会受到限制的。但地图不会受到限制，同时，它能够消除部分传感和误差，有些传感器无法识别真实和虚拟之间的区别，有些比如坡度过大的时候，需要地图来进行补充。还有一些更丰富的细节和感知，如下雪天，任何传感器都会失效，地图依然能发挥作用。

■ 高精度地图是驾驶经验的载体

1. 多维时空数据的挖掘



2. 驾驶经验数据集

同时，高精地图还可以充当驾驶经验的载体。我们可以收集众多驾驶员信息，通过多维时空数据的挖掘，分析危险区域，作为一个新的知识、驾驶经验数据集提供给新的驾驶者。

高精地图还能提供认知和决策参考：

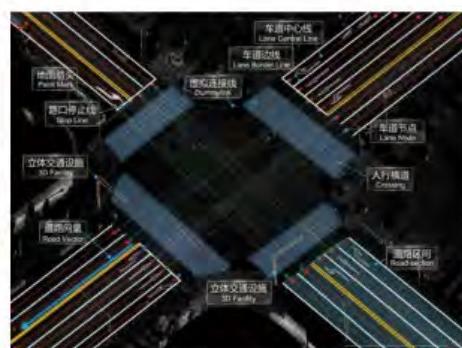


1、地图提供控制决策依据；

2、地图结合传感器进行认知。高精地图“反哺”，辅助车身定位。例如，识别交通标志牌后将其作为地图上的定位参考点。

高精度地图提供更完备的周边环境和更精确的定位，为自动驾驶提供决策支持，保证行车安全。

内涵是包含动态变化的时空位置场表达。



在业内我们听到一些声音，高精地图到底是什么？很多人宣称“我做的是高精地图”。比如图商会从汽车的角度去理解高精地图，就是以数据可测量的方式。对一些创业公司而言，如果它找到的视觉或激光点云特征点，也可以认为是高精地图。

那么，到底什么是高精地图？

高精度地图提供更完善的周边环境和更精确的定位，为自动驾驶提供决策支持，保证行车安全——这是它的核心功能。无论是什么样形态的高精地图，它要满足这样的核心功能。

内涵则是包含动态变化的时空位置场表达。如果把很多位置信息认为是一个三维空间，在高精地图里，我们还需要增加两个维度：一是时间维度，所有位置都是动态变化的；二是可变维度，任何数据的精度和粒度是可变的。

如此，我们可以看到将内涵时空场表达确定之后，这个内涵实际上可以产生很多外延。Road DNA也好，或特征地图也好，它只是这种内涵的一个外延，一种表现形式而已。

在这里，高精度的含义，指的就是地图的坐标精度更高，道路交通信息元素丰富精细，为定位和路径规划提供精细依据。

高精度地图的内容



现在的高精地图，有了内涵之后，还需要寻找一个使用场景。以前的地图是给人使用的，现在的地图是给车自动驾驶汽车使用的，所以它要更贴近于人类认知和机器智能，**雷锋网**它是一个更详细、更新和可变尺度的表达。

上图不同的分层：真实世界、传统导航地图模型、高精地图模型，就是一个可变的尺度。这就是在高精地图时空表达中——可变尺度的维度。



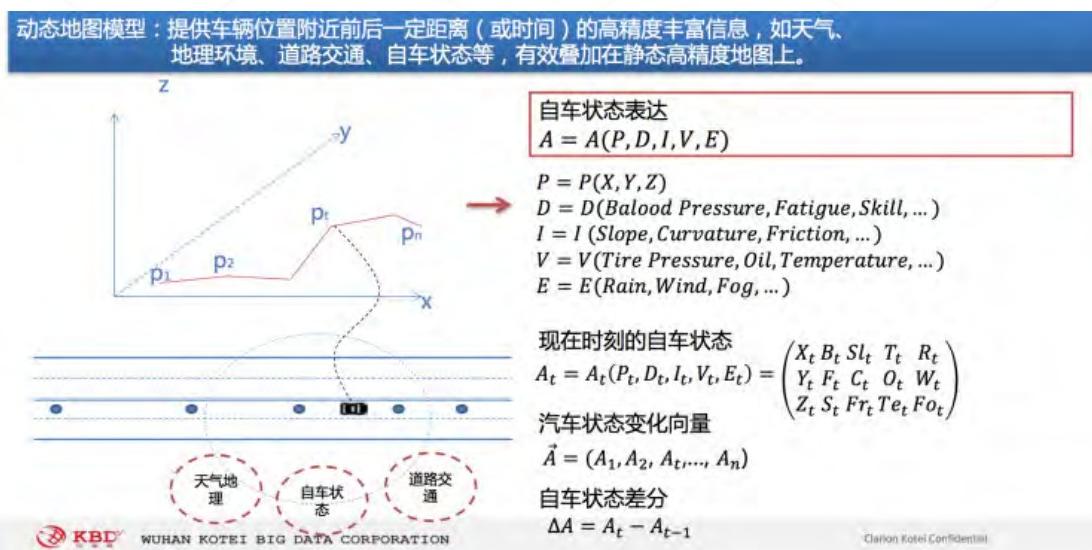
高精地图的数据表达模型，必须要增加一个时间维度。如何理解时间维度？我们把它分为静态数据模型和动态数据模型。



高精地图为自动驾驶服务，它需要将道路基本形态，通过地图或矢量数据来正确表达出来。在静态高精地图模型中，车道要素模型包括车道中心线、车道边界线、参考点、虚拟连接线等。

- 车道中轴线采自于实际车道的中轴线位置，该对象用于车辆定位和引导车辆行驶；

- 车道边界线记载了实际道路中各条车道的形状信息和类别信息；
- 车道曲度参照点：对曲度达到一定阈值的车道设定的曲度参照点；
- 虚拟连接车道：在浮躁路口处，用于连接两条车道中轴线的虚拟车道线；
- 道路标高采集点：记载存在海拔变化的采集点，表达道路的三维模型。



在静态高精地图基础上，还有动态地图的概念。

动态高精地图模型是指提供车辆位置附近前后一定距离（或时间）的高精度丰富信息，如天气、地理环境、道路交通、自车状态等，有效叠加在静态高精地图上。

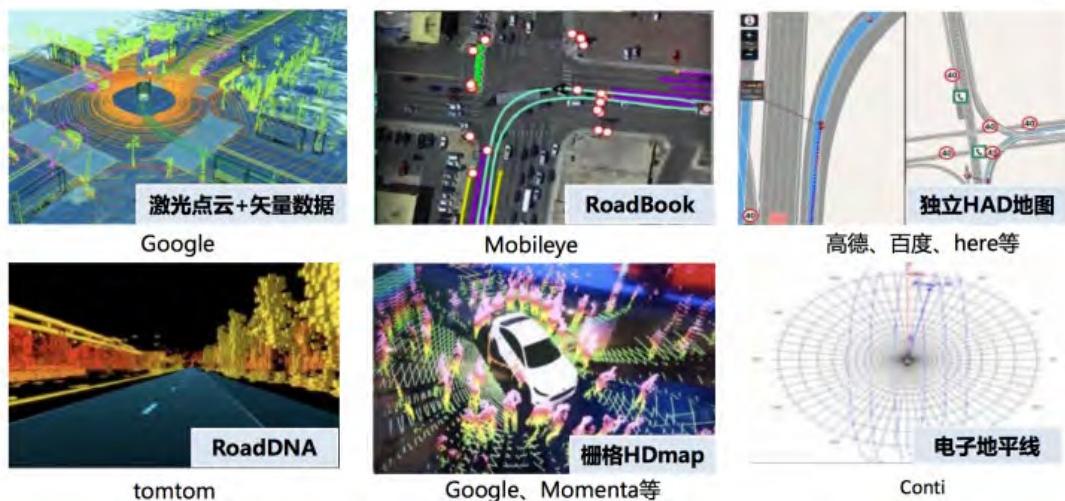
地图是除了位置三维空间之外，还需要时间轴、可变维度等等。地图在自动驾驶中的作用，就是一个时空场，因为它是所有数据融合和决策的基础平台，所以我们可以加入更多的维度，比如驾驶员状态信息、车辆状态信息、道路状态信息、天气环境状态信息。这些状态信息可以作为其他变量，加入到时空场中。

这样产生的动态高精地图可以作为自动驾驶的基础或载体呈现出来。

我们再理解一下，自动驾驶汽车有很多传感器，这些传感器需要融合，这意味着必须要有一个统一的时间和地点才能融合。否则，不同时间、不同地点的传感器数据无法融合。



统一时间、统一地点、统一环节就是地图的时空场表达，这是一个天然的融合平台。所以地图作为自动驾驶的基本功能外，还有这部分未显现的功能，这就是它最大的核心价值所在。



介绍地图的内涵后，地图还有很多外延，很多表达方式。

从谷歌开始的激光点云+矢量数据；Mobileye 的 RoadBook；TomTom 的 RoadDNA，高德、百度、Here 和光庭的矢量地图；谷歌、Momenta 的栅格 HDmap，大陆的电子地平线等等。

这些表达的就是时空场数据，只是表现形式、表现内容稍有不同，但功能是一样的。



在它的外延中，我们可以看到多场景化的高精度地图。

一般常见的就是把高精地图按照结构化、非结构化和半结构化区分，简单说就是高速公路、城区道路和复杂路况，这是最基本的一个画面。但实际上道路的情况是千差万别的，有很多特殊的情况。

比如说环岛转盘，就是一种非常复杂的道路情况。那么这种地图的表达，它的复杂程度与结构化道路要复杂得多。

还有其他应用场景，如停车场、BRT 和试车场。

一些室内停车场的数据，它的数据内容和表达是不一样的；在 BRT 这个数据中，它可能更关注的不是道路本身，而是车站以及 BRT 巴士能不能够准确对接的出入口；试车场看起来与其他道路没什么区别，但车场内要做大量实验，车速非常快，它对道路精度要求非常高。

所以，地图在外在的表达形式是多种多样的。

高精度地图的机遇与挑战



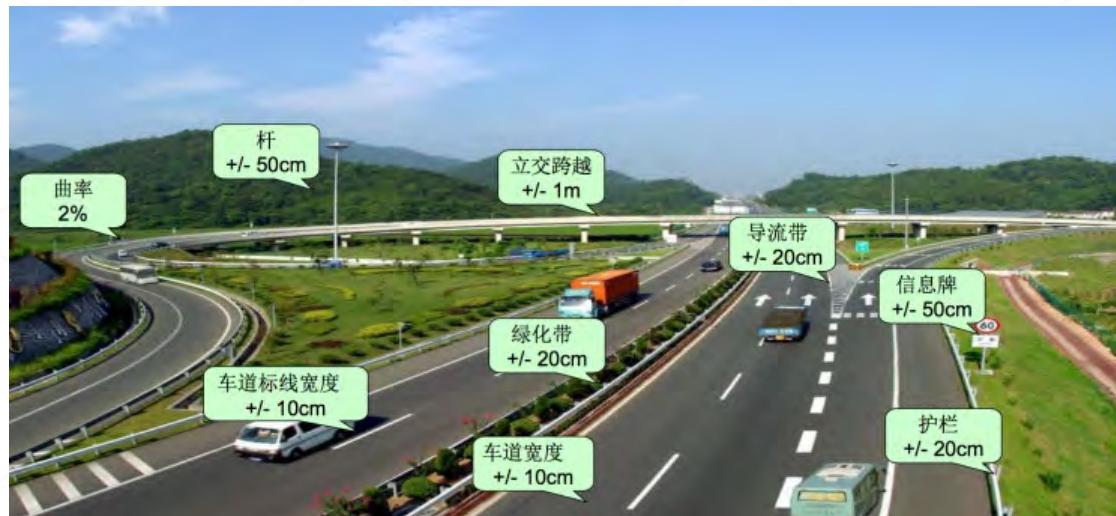
随着自动驾驶的发展，更多的汽车厂、风投越来越认识到高精地图的重要性。BBA 投资了 Here 地图，福特、上汽投资了 Civil Maps 、软银投资 Mapbox 等一系列投资，无非就是汽车行业和 IT 巨头们非常看重这些创新企业或者图商在未来的发展潜力。

同时，BAT 通过收购、控股或入股的方式将几大的数据商全部瓜分，在国内要抢占高精度地图或导航电子地图资质的门槛。

我们看到资本或者其他自动驾驶的玩家们，都越来越看重地图的重要功能。这给地图带来非常好的发展机遇。

在这么好机遇下，高精地图的发展还面临如下挑战：

- 高精地图到底需要多高的精度？
- 高精地图如何保持鲜度？
- 如何降低高精度地图的量产车本？
- 高精地图的合法性与标准化。



高精地图的精度到底要求有多高？如上图，不同数据内容表达的精度是不同的。这只是简单的一个例子而已，真实情况其实比它更复杂，不同场景面临的精度要求也不同。

简单说，就算道路宽度或道路车线精度是正负 10 厘米，但如果在隧道里，我们还需要做到正负 10 厘米吗？因为定位根本做不到正负 10 厘米，那么数据做到正负 10 厘米实际上是没有用处的。包括在室内的部分定位也是一样的。所以在不同场景下，它对精度要求是不一样的。

这也与自动驾驶的需求有密切关系。不同阶段的自动驾驶（Level 1 到 Level 5）的功能，会因为具体的精度而有不同需求。所以精度就是地图中一个可变的尺度，可高可低。

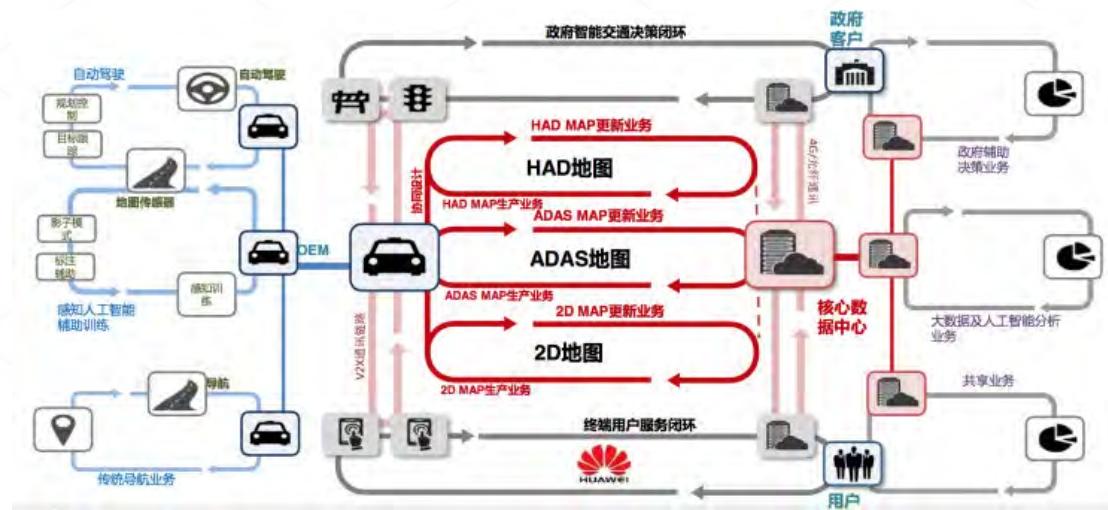
目前看，无论是从图商还是车企角度来看，精度问题都没有非常准确的答案。

业界有一种说法，就是“相对精度做到 20 厘米”，这是好多车厂和自动驾驶团队的需求，但这个说法本身就有问题。

在测绘界，“相对精度”是不会有一个绝对值的，它是一个量级百分比，所以“相对精度”的提法是有问题的。举个例子，车线宽度正负 10 厘米，信息牌是正负 50 厘米，它的精度会不一样，但实际上它的作用是一样的，为什么一样？

车辆如果在道路上行驶的时候，从车辆本身看车线的精度，它离车线很近，可能就两三米远，这个时候正负 10 厘米的误差，影响很大。但是它离信息牌很远，可能十几米，这个时候 50 厘米的误差，与车线的 10 厘米误差，可能就是一样的。

所以这种精度在表达的时候，“相对精度 20 厘米”的表达是不准确的。这也是我们面临的一个非常大的问题：如何准确的定义我们所需要的精度并达成一致？



第二个挑战是地图如何更新。

很多团队说高精地图没用。为什么没有用？现实世界是千变万化的，地图做出来就是一次性的、是静态的。

我们谈到地图高精动态，但实际上，我们在如何制作动态地图的时候，就需要考虑如何更新。实际上很简单——通过众包。

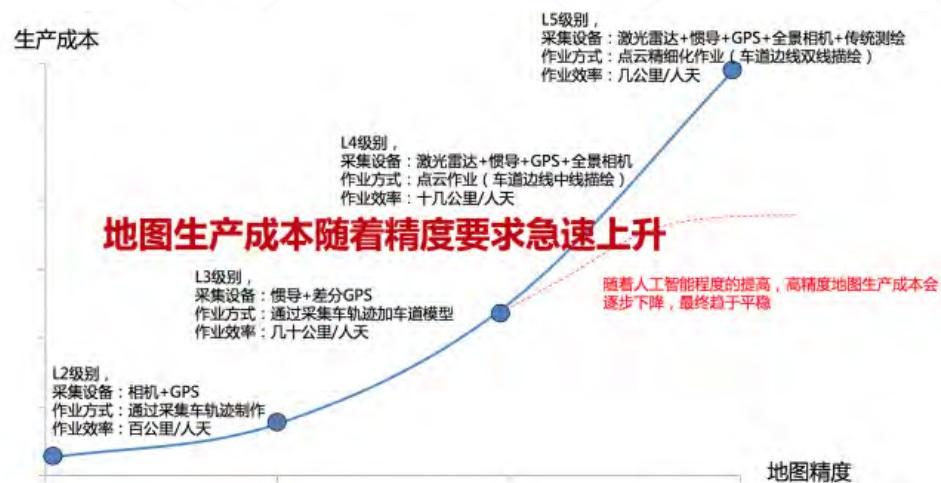
这种方法的来源是多种多样的，来源于政府的智慧城市和智慧交通上的业务、大数据人工智能方面的分析业务、共享业务、手机终端服务数据以及车厂中的导航业务、自动驾驶的任务以及人工智能业务。

简单说，只要拥有通讯的智能设备，只要它能够获得位置信息，这个位置信息的精度能达到一定精度，这样的数据来源就是我们做地图更新的数据来源。这是一个简单的业务闭环的概念。

我们将 HAD 多级数据提供给政府、车厂和普通用户，他们在使用之后，不断传回这些位置数据。通过这种众包方式来更新地图，这也是我们未来的发展趋势，同时面临的挑战也非常之多。



首先是数据的精度，有没有那么多高速定位的设备来反馈这样的数据；其次是这些闭环是否能够无缝打造；最后是各家是否愿意将数据贡献出来。这在未来都是非常大的课题。



高精地图的生产成本可能是图商之间谈论比较多的问题。如上图，生产成本随着精度的上升而提升。从 Level 2 到 Level 5，它对数据要求的内容和精度的要求会越来越高。

在数据采集过程中，从作业效率一人/天百公里，一直到 Level 5 已经降到了每天能做几公里的速度。这个生产效率的下滑，相当于成本在不断提升。

在这种情况下，我们需要引入人工智能。随着人工智能的提高，高精地图的生产成本会逐步下降，最终趋于平稳。

地图制作包含哪些内容？首先是车线识别、特征点提取、构建车道的拓扑网络以及制作各种地物（人行横道、标线、交通标志）等等，这是一个很基础的数据制作内容。

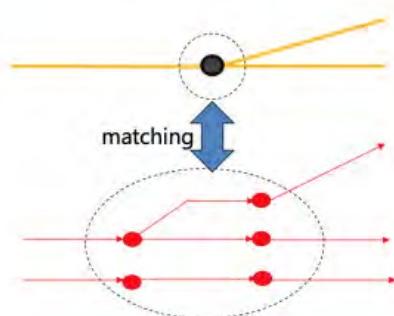
按照图商制作的方式，这些是分为很多步骤来实现的，每一步都涉及到很多的质量控制和成本。在这样的一个基础上，中海庭针对这种情况，开发了自动化生产的平台，引进 AI 技术和自动化生产技术引。

比如在基于激光点云的处理中，我们通过自动化识别的方式来自动化提取道路标线，把各种标线提取之后，车线以及路面标识都可以通过自动化方式来实现。

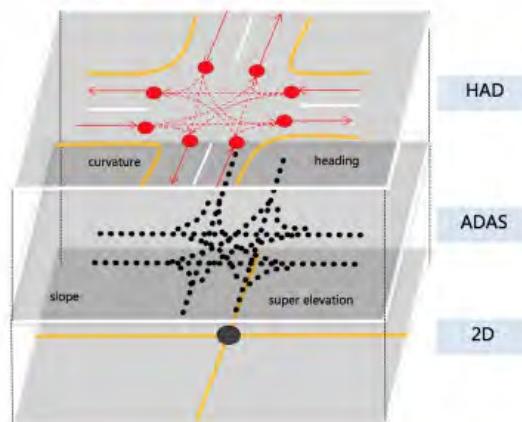
在路口拓扑的构建中，我们选择不同模式，通过我们的自动化生产平台就能自动地将路口所有的拓扑关系自动生成出来。

整个生产过程中，是一步到位来实施的，把所有中间过程全部给省掉了。我们将有些通过数据编译的过程，全部融合到生产过程中，这是一次性到位，极大减少了中间过程。这样我们可以降低高精地图生产成本。

传统方式：2D->3D->Matching



级联式：3D->ADAS->2D



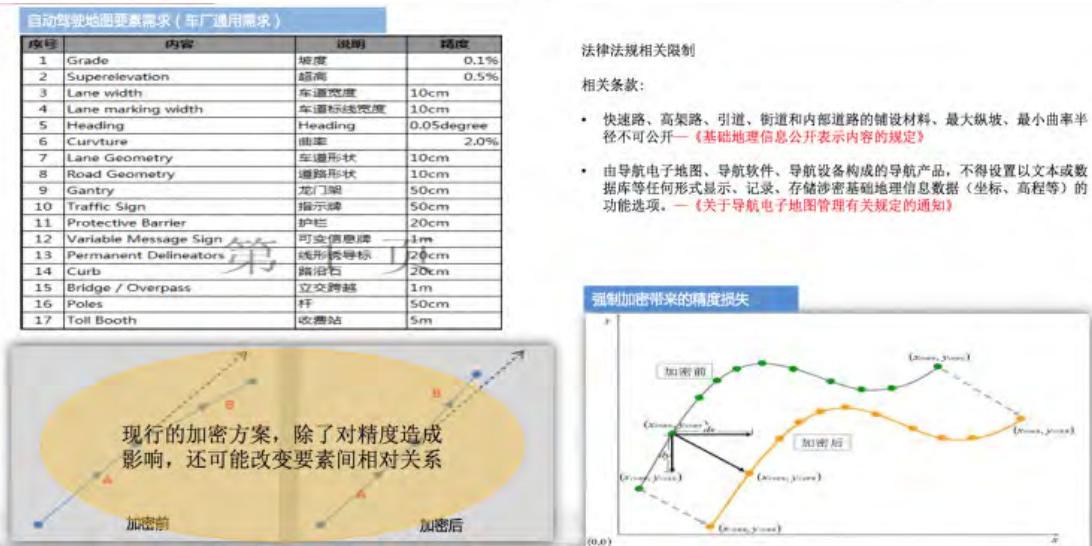
再介绍一个不常见的问题，就是“级联式”生产方式。

说到自动驾驶，地图一定是多尺度和可变纬度的。所以从 2D、ADAS 到三维的高精地图，它是一个不同层次的地图。

在现有的生产过程中，包括各个友商，其实都是使用不同的生产线来生产高精地图。那么未来我们要把这样的生产过程集中到一个平台上。

在业内，大家都注意到一个问题：就是 HAD 地图/高精度地图如何与传统地图进行匹配？如何通过共有点或参考点来进行关联，这是一个很复杂的过程。

同时在整个对应过程中，成本非常高，难度非常大，同时还涉及到大量人工干预的过程。那么，在我们以后高精地图的生产过程中，采用级联的生产方式，自动生成这些关联方式，避免复杂的处理。



在谈了几大挑战之后，其实最核心的问题可能是政策问题。

法律法规问题在国际上一直存在，只是国外更加注重安全，更加注重于价值授权方面的法律法规。在中国，就有独特的社会法规来进行限制。

在《基础地理信息公开表示内容的规定》中就规定，快速路、高架路、引道、街道和内部道路的铺设材料、最大纵坡、最小曲率半径

不可公开。同时，也不能记录涉密的地理信息数据（坐标、高程等）。

所以在自动驾驶中，关于坡度和高程问题无法使用的问题，对地图造成非常大影响。但更重要的就是加密，加密带来的误差。

在测绘领域的加密，造成的精度误差，实际上并不是大家所理解的那样：加密之后，地图全部偏转和扭曲。它实际上是两个步骤，一个是地图偏转，另外一个是定位偏转。

定位偏转和地图偏转如果是一样的，那就没有任何问题。但现在它的问题是两者不同，它会有随机误差。目前通过加密的调参数，可以做到定位加密和地图加密偏差不超过 20 厘米。

如何减少加密对自动驾驶产生的影响（是减少影响，影响依然存在）。20 厘米只是一个坐标偏离的问题，但实际上还有很多精度是没有考虑，比如相位的变化，有可能通过正负 10 厘米的偏差之后，导致相位发生反转，这是非常严重的问题。

国内外的数据标准团体：



中国智能交通产业联盟



NDS协会



国际标准化组织



智能网联汽车产业联盟

参与制定标准：

1. 智能汽车自动驾驶地图数据模型与交换格式
2. Auto Drive FTX
3. Navigation Data Standard Format Specification (NDS 2.5.2)
4. Geographic Data Files (GDF 5.1)
5. 车道定位参考(ISO 17572-Part4)

技术报告：

1. 面向自动驾驶数据需求—推动测绘法律法规变革
2. 时空间地理数据字典—建立不同系统、标准对相同地理数据定义的映射关系



除了法规，在高精地图标准化方面，我们也做了很多工作。在国际上做得最好的就是 ISO，它将地图是成系列的来进行标准化的定义。

那么相对应地，在国内有中国智能交通产业联盟、NDS 协会和智能网联汽车产业联盟，**雷锋网**，有多个组织来考虑地图标准化的工作。

既然是挑战，它还面临的问题是什么？在制作高精地图过程中，这种标准化还不够，还有采集标准、通讯标准、接口标准等一系列标准，它要成一个体系，才能满足自动驾驶需求。

这样成体系的工作需要更多组织和同仁共同探讨。未来无论是图商、还是车厂，我们希望能够紧密合作，将标准化推到一定高度，满足自动驾驶的需求。

这就是中海庭对高精地图面临问题的阐述：机遇和挑战是并存的。

未来面向自动驾驶高精地图的需求，还有大量的工作要做。虽然挑战存在，但我们相信通过努力还是能够达成的。



高德谷小丰：高精地图是自动驾驶的必由之路

作者：张伟

导语：导语：全面了解高精地图以及高德在该领域的实践。

系列讲座介绍

AI慕课学院&雷锋网新智驾携手网易云课堂企业版联合打造

20+家智能驾驶前沿企业，3个月专题分享
15+位顶尖技术专家，1000人+车企参与
在线直播互动系统拆解智能驾驶
每周三 | 晚上8:00
(如有变动，请以实际通知为准)

慕课学院 网易云课堂 | 企业版

“构建自动驾驶关键”系列讲座

雷锋网新智驾按：从6月开始，新智驾联合[雷锋网·AI慕课学院](#)、[网易云课堂企业版](#)举办了智能驾驶系列讲座，邀请业界、学界顶尖专家一起分享关于自动驾驶现在与未来的多样见解。6月21日，“未来汽车大讲堂”邀请到来自高德地图的谷小丰为学员讲解了主题

为 [《高精地图：自动驾驶的必由之路？》](#) 的课程。新智驾对课程内容进行了整理，并做了不改变原意的调整。

嘉宾介绍



谷小丰，高德高精地图团队负责人。具有 10 年的地图数据产品经验，2.5 年高精地图数据量产经验。带领高德高精地图团队获得亚太地区第一个，也是全球第二个高精地图商业订单，并建设完成完整的高精地图生产线。

前言

高德在 2014 年便开始了高精地图的研发，当年 11 月，这家公司拿下了亚太地区第一个，也是全球第二个高精地图商业化订单。有了商业订单的驱动，高德在高精地图上的步伐走得很快，从深度学习技术的使用到量产生产线的建设，进展不断加快。将近 3 年时间过去，高德在高精地图方面积累的数据量也非常可观。

和高德地图的整体策略一样，高德高精地图也是要为产业“赋能”，具体点说，就是要为自动驾驶提供地图支持。在大家大谈特谈自动驾驶的时候，高德默默耕耘高精地图，打造一条通往自动驾驶的必由之路。



本期，讲师谷小丰将会着重介绍什么是高精地图、高精地图与自动驾驶的关系、高精地图是如何打造的、高精地图开发中存在的挑战和思考。当然，还会提及高德在这方面的实践。

一、什么是高精地图？

在讲什么是高精地图之前，先来了解一下高精地图与自动驾驶的关系。

业界大多数企业都将自动驾驶实现的时间节点定在了 2020 年，当然，很多厂商仍在不断将这个时间往后延。根据目前相关的新闻报道看，可以发现的一个问题是同一家厂商内部对于自动驾驶的实现

时间都存在一些矛盾，当然这完全可以理解，毕竟自动驾驶是比较新的技术，所以变数很多。

根据 SAE International (国际自动机工程师学会，原美国汽车工程师学会) 的划分，自动驾驶级别分为 5 级，也就是 L1-L5。L3 的应用比较典型的是高速公路上有监督的自动驾驶。



从这个级别来看，业内的共识是，L3 及以上，高精地图的支持是必选项，而在 L3 以下的辅助驾驶阶段，对于高精地图没有刚需。比如市场上一些已经具备自动驾驶功能的车型都是依靠摄像头、毫米波雷达等传感器实现一定程度的自动巡航功能。

1、定义

回到高精地图本身，这个名称的提法本身就不是很严谨。比如说，大家在提导航地图的时候，你很难说它就是“低精地图”。

什么是高精地图

- HD map = High definition map 高分辨率地图
- HAD map = Highly automated driving map = 高度自动驾驶地图
- Hoch genaue Karte = 高可信度地图

• 高精地图 = 自动驾驶专题图

其实，高精地图是从国外引进的一个名词，英文名 HD Map (high definition map) ，直译过来就是高分辨率地图。

还有人将这种类型的地图命名为 HAD Map，直译过来就是高度自动驾驶地图 (highly automated driving map) 。其实这个名称也不是很准确，因为很难说高度自动驾驶是从 L3 开始的还是从 L4 开始的。

而德文对应的名称是：hoch genaue Karte，意为高可信度地图。

命名就有这么多，可以想见业内人士在提高精地图的时候实际上也不是一个概念，所以需要来定义一下到底什么是高精地图。在谷小丰看来，高精地图是一种用于自动驾驶的专题图，准确的叫法应该是“自动驾驶地图”。就像导航地图、政区图、地形图一样都是该地图关注的某一种专题内容或专题功能。

2、内容构成

什么是高精地图——自动驾驶环境



换句话说，高精地图其实是提供了一个自动驾驶环境的模型。也就是说，车辆要想顺利进行自动驾驶，必须对其周边的环境进行构建，该环境中，包含了：



- 移动物体：行人、车辆；
- 互联设施：V2V、V2X 等通信设施；
- 高精动态驾驶环境：是否拥堵、哪里在施工、哪里有事故、哪里有交通管制、哪里有雨雪等；
- 最底层的静态高精地图，也是目前阶段业界工作的重点。

在静态高精地图中，包含了车道模型、定位对象 (static objects) 、道路属性和其他的定位图层：

- 车道模型主要用于引导车辆从 A 地开到 B 地，包含车道的详细结构和连接关系；
- 定位对象是路面、路侧及上方的各种物体，包括标志标牌、路面标志、龙门架、桥、杆、牌等等；
- 道路属性则包括如导航图关联关系、GPS 信号失锁区域等等信息。

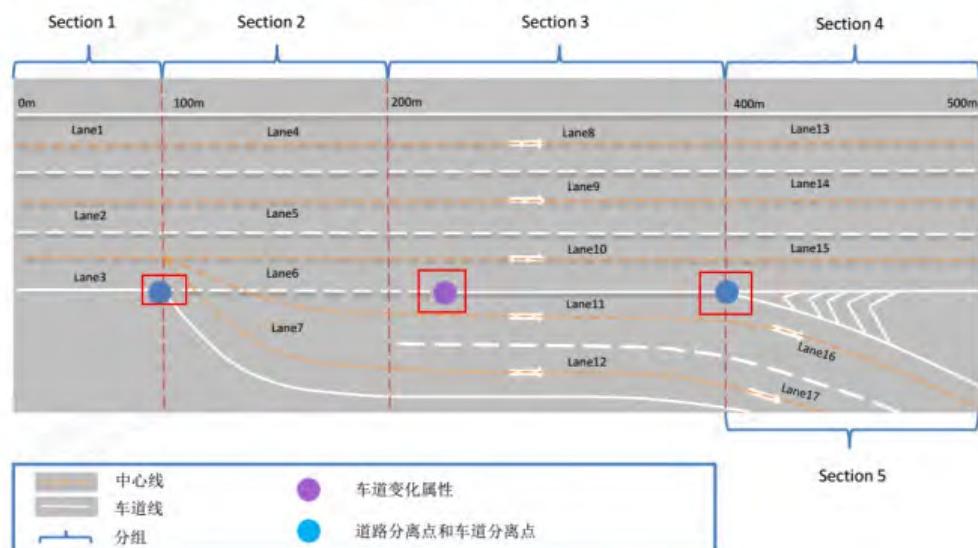
当前典型的高精地图代表是矢量高精地图，一些新的公司也称之为语义地图。内容大体如下：



在车道模型中，也有很多重要的细节信息需要体现在高精地图中，包括车道中心线、车道线、车道变化属性点以及道路分离点和车道分离点。

比如在车道变化属性点，车辆可以通过传感器探测到相关信息，然后再对比地图，便可清晰地知道自身处在什么样的位置。而且在路径规划的时候，车辆也知道在哪个位置进行并线是合理的。此外，为了方便计算道路连接关系，还会将道路分成多个组(Sections)。

什么是高精地图——基本车道模型

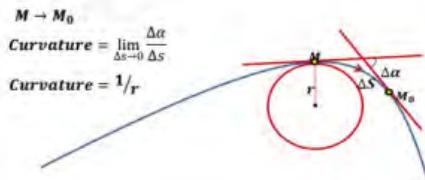


车道模型还包含车道连接关系，也就是说车辆要去往一个目的地，需要经过哪几个车道的转换才能到达。

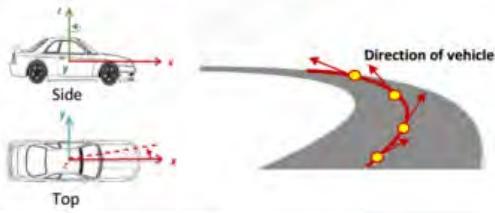
高精地图中还有一些数学属性，包括道路的曲率、航向、坡度以及横坡。可以指导车辆执行转向、加减速。

什么是高精地图——数学属性

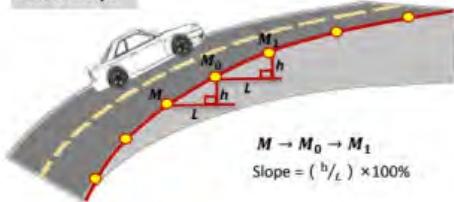
曲率 Curvature



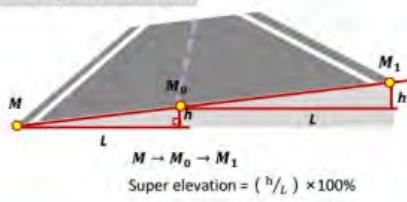
航向 Heading



坡度 Slope



横坡 Super elevation



此外，高精地图中还包含很多的定位对象（Object）用于实现车辆自定位。

什么是高精地图——Object



Relationship of Different Objects

Traffic Light	Stop Line
Traffic Light 3	Stop Line 1
Traffic Light 4	Stop Line 2
Traffic Light	Stop Line
Traffic Light 1	Stop Line 3
Traffic Light 2	Stop Line 4



Relationship of Lane and Object

Traffic Light	Lane No.
Traffic Light 1	L7,L8
Traffic Light 2	L5,L6
Traffic Light 3	L1,L2
Traffic Light 4	L9,L10

Cross Walk	Lane No.
Cross Walk 1	L1,L2,L7,L8,L10,L5
Cross Walk 2	L9,L10,L5,L6,L1,L8
Cross Walk 3	L7,L8,L1,L2,L6,L9
Cross Walk 4	L5,L6,L9,L10,L7,L2

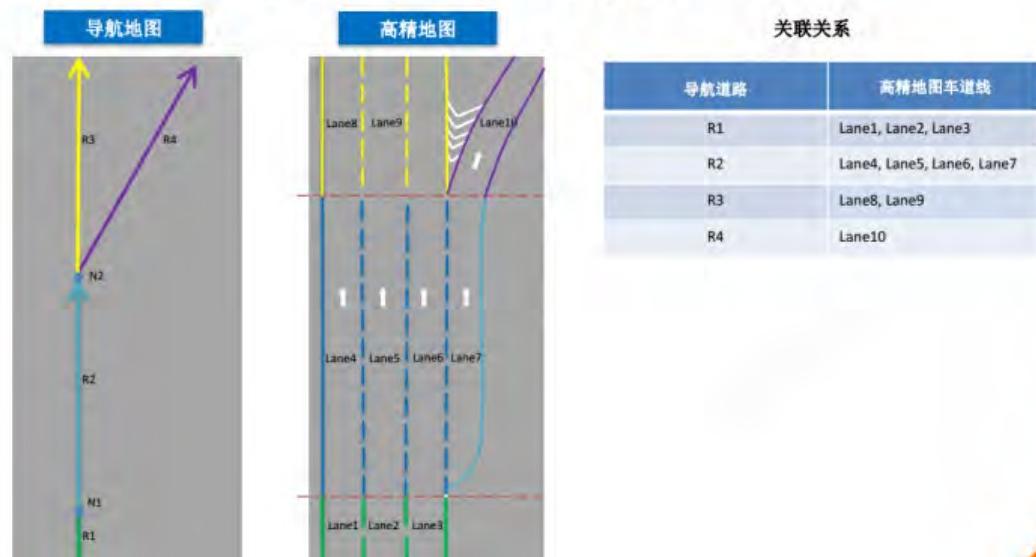
Stop Line	Lane No.
Stop Line 1	L1,L2
Stop Line 2	L9,L10
Stop Line 3	L7,L8
Stop Line 4	L5,L6

自动驾驶车辆自定位的典型方案是用车端的传感器识别各类静态地物，然后将这些物体与地图上记录的物体进行比对（Map matching），比对之后车辆就得到自己在道路上的精确位置和姿

态。当然还有一些特殊的地物如斑马线、停止线、红绿灯等，控制着不同的路口和不同的方向，那么在数据中，我们就需要把这些关联关系表达进去，让自动驾驶汽车在这些地方可以顺利做出决策。

有了自动驾驶以后，导航地图依然会存在，但可能会变得比今天更简单一些。比如用户乘坐一辆自动驾驶汽车去往某个目的地，那么导航会规划一条行车路径交给自动驾驶系统，自动驾驶系统会依靠高精地图再规划出一条更为精细的路线图，实现从 A 地到 B 地。其中包括在哪并线，在哪需要出匝道。

什么是高精地图——与导航地图的关联



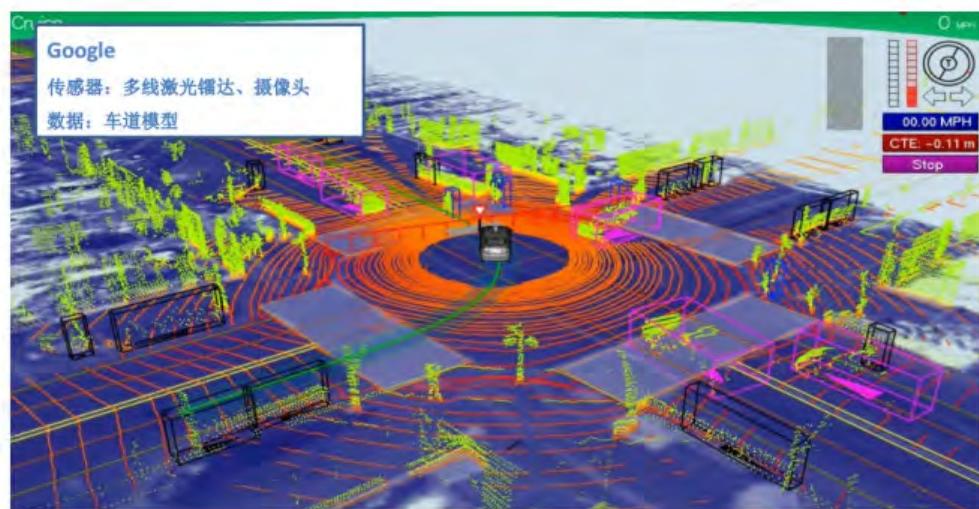
所以，在导航地图和高精地图之间建立连接关系，可以让导航系统和自动驾驶系统协同工作。

3、高精地图的形态、部件和业界进度

高精地图诞生初期，有一个业内非常重要的组织叫做 NDS 协会，一直在定义导航地图数据标准。通过统一标准降低开发难度，使车厂节约成本，同时图商的适配成本也会更低，竞争更充分。大概从 2012 年左右开始，NDS 协会也开始定义自动驾驶地图。在 NDS 的定义中，高精地图更多还是矢量地图的形态。

随着传感器的更广泛使用以及成本越来越低，对不同传感器也产生了不同高精定位的图层；同时随着很多新技术的产生，比如深度学习，自动驾驶地图也变得越来越多样化。

这里面最典型的当然是 Google，其自动驾驶技术无疑是非常领先的。但是 Google 向外界公布的信息很少，Google 无人车前领导者 Chris Urmson 在 2015 年的一场公开演讲中展示的视频透露了其在自动驾驶地图方面的局部细节。



可以看到，Google 把路侧的一些静态物体用黑框标了出来，对人则是用一些蓝色的框进行标示，而对于移动的车辆，则用紫色的框进行标示，而中间部分橙色的圈状线则是多线激光雷达产生的原始激光点云。以前它用的是 Velodyne 的 64 线激光雷达，后来自己打造了成本更低的激光雷达。

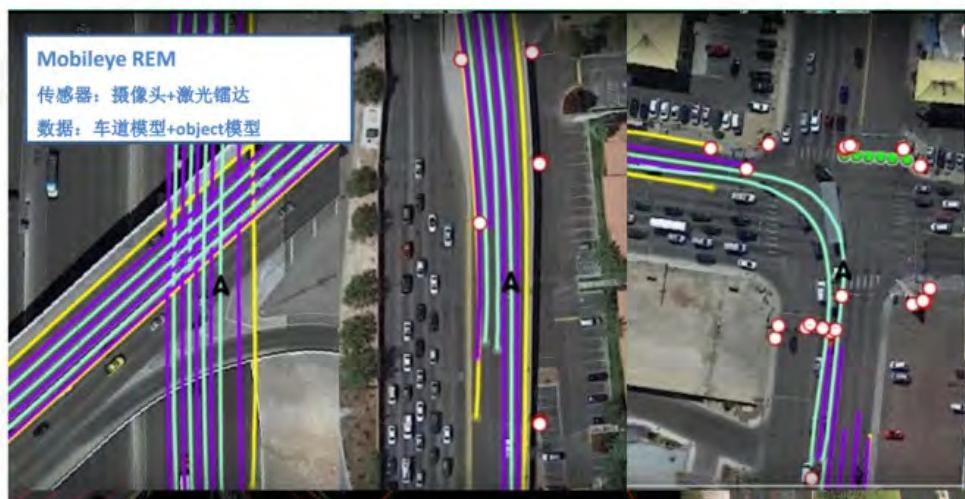
可以看出 Google 的自动驾驶地图中车道模型是存在的，其中的车道线、人行道都做了标示。Google 应该是对多种形式的自动驾驶地图都有尝试，甚至是融合不同的解决方案。不仅仅在用激光雷达的占位图或反射率图，同时也使用矢量数据。

NDS 成员 HERE 和高德都提供类似的高精地图，包含车道线、中心线、边线都非常精细，如下图：



更为激进的如 Mobileye 的 REM，也即“路书”（Roadbook）。CES 2016 上，Mobileye 就说其可以通过摄像头传感器生成路书，让车

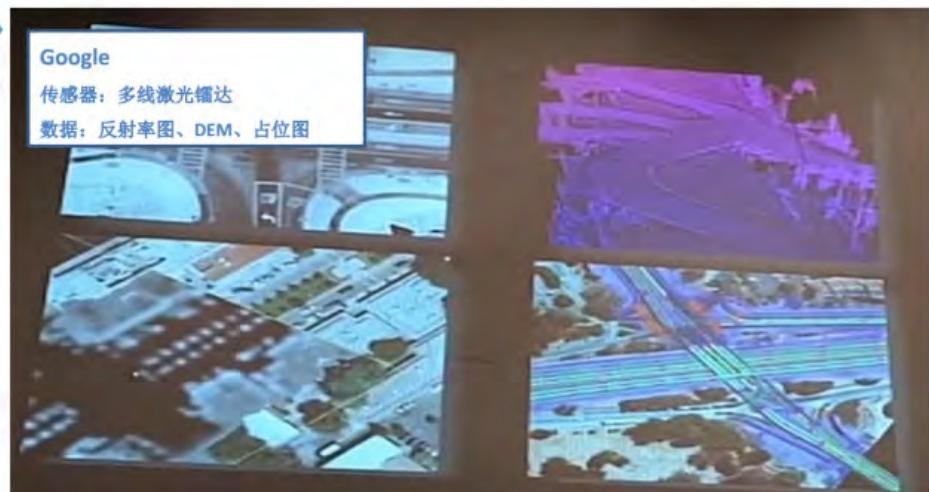
辆直接用路书去做自动驾驶。去年 11 月，Mobileye 宣布和 HERE 地图达成合作，个中原因谷小丰猜测是今天的自动驾驶地图还不能以一种全自动的方式去生成，仍然需要参与大量的人工。而且摄像头本身也有不少缺陷，比如很容易被遮挡，若干次采集也很难达到足够的大范围完备率。



在 Mobileye 的 REM 地图中，有道路边缘线、车道中心线、车道边缘线以及静态物体的标示（白底红圈的圆点）。

除了矢量高精地图，还有定位栅格图，包括激光雷达占位图、反射率图以及 DEM (Digital Elevation Model) 等。

格网化定位图

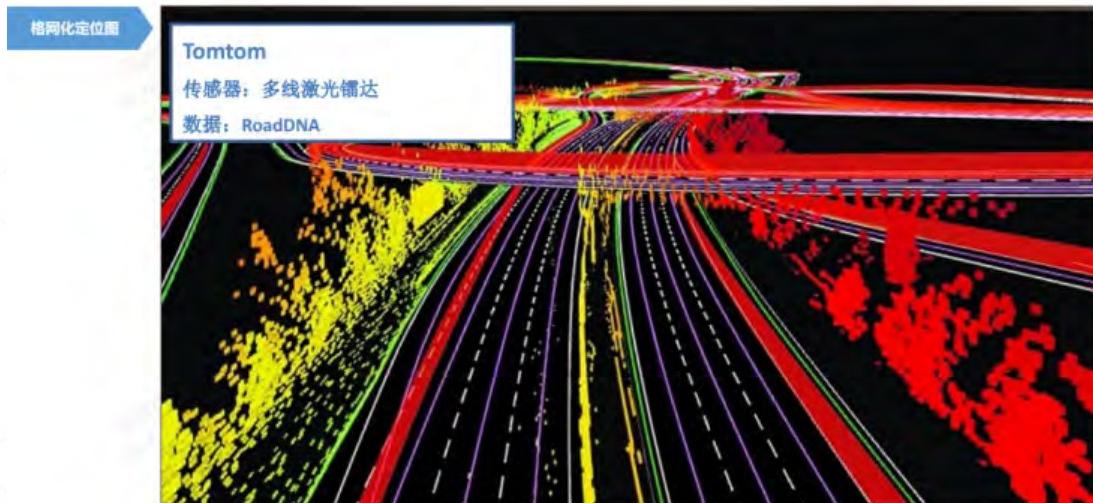


DEM 图可以通过传感器的观测到周边环境再和原始数据进行对比而形成的，不考虑反射率，只考虑高度值。

反射率图的原理在于：激光雷达扫描物体后得到反射率，因为不同的材质会有不一样的反射率、**可以用于预生成定位图层**。通过扫描周边的环境，与预制的反射率图对比，车辆就能得到精确的自身位置。

占位图（occupancy grid）相对简单，首先要找到地平面在哪里，标记出高出地面的位置。

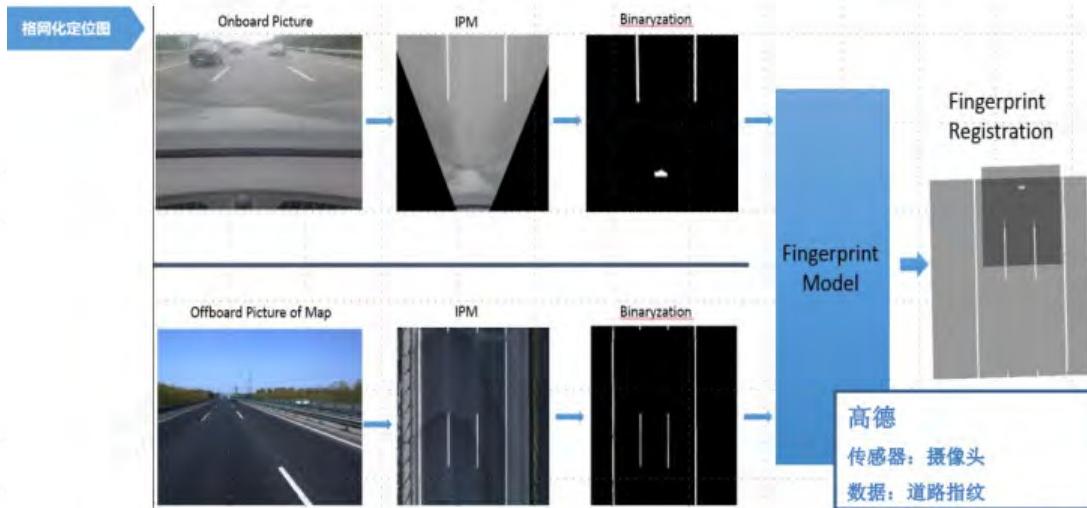
定位栅格图的另一个典型代表是来自欧洲的图商 Tomtom。前两年，Tomtom 发布了 RoadDNA，其中包含矢量车道模型，但并不使用矢量 Object 定位。



Tomtom 的方案不分辨路侧具体是什么物体，而是把它们当成一种纹理。在使用激光雷达进行采集的时候，会得出这些物体与车之间的距离，从参考线到路侧障碍物的距离正射到参考线（比如最左车道的左边线），用灰度值代表距离生成定位用的栅格图。在一些地物比较稀疏的地方，这种方式优势明显。来源但是这种形态的地图还依赖激光雷达低成本化。

博世推出了基于毫米波雷达的自定位解决方案。因为毫米波成本低、稳定性高、装配率高，基于毫米波雷达的自定位方案有望早于激光雷达方案投入到应用。高德和博世也建立了合作关系。

2015 年高德研发了基于摄像头的定位方案——“道路指纹”。其目的是想探索高精定位的原理和不同的方案。



把摄像头拍摄的地面图像做正射等处理，将得到的纹理预存下来，等车辆拍摄同一位置，用同样的算法、生成正射图与预存正射图对比得到高精位置。

4、高精地图与导航地图的差别



从内容和形态上开，高精地图和导航地图存在着很大的差别，具体表现在以下的多个方面。

导航地图		智能驾驶地图	
要素和属性	道路 POI——涉密POI禁止表达、重点POI必须表达 背景——国界、省界等等行政区划边界必须准确表达	详细车道模型——曲率、坡度、横坡、航向、高程？限高、限重、限宽 定位地物和Feature图层	
所属系统	信息娱乐系统	车载安全系统	
用途	导航、搜索、目视	辅助环境感知、定位、车道级路径规划、车辆控制	
使用者	人，有显示	计算机，无显示	
现势性要求	相对低，人可以良好应对	高，机器较难良好应对	

很多人会问高精地图的容量会不会特别大，以我们的认识来看，其容量并不会变大，反而要小于导航地图。

从道路的模型来讲，导航地图只有一根线，到高精地图的时候，它就变成车道级别的了，几何形状似乎是变多了，但是在导航地图里有大量的POI、名称、水系、绿地等。按照NDS的规定，航空影像和卫星影像都集成到了导航地图里。单从纯矢量部分来看，高精地图的体积也比导航地图的容量小很多。

二、高精地图与自动驾驶

谈到高精地图对自动驾驶的作用，可以对比自动驾驶和人类驾驶的流程的相通性。



人驾驶的时候以眼睛为主，耳朵辅助观察测量环境；自动驾驶车用多种传感器包括摄像头、毫米波雷达、激光雷达等来构建驾驶环境。人可以通过观察环境或用观察的环境对比记忆完成自定位；自动驾驶汽车通过传感器感知到的环境和高精地图对比完成定位。人类完成驾驶决策主要依靠大脑思考和判断；自动驾驶车通过人工智能和规则完成决策，高精地图在其协助进行路径规划。最后在控制环节，人是通过小脑运动神经来操控车辆；自动驾驶汽车则需要自动化控制的系统来完成，在这一环节中高精地图的坡度、曲率、横坡等也发挥作用。

高精地图的作用



通过以上的分析，高精地图对于自动驾驶的作用也就非常清晰了。

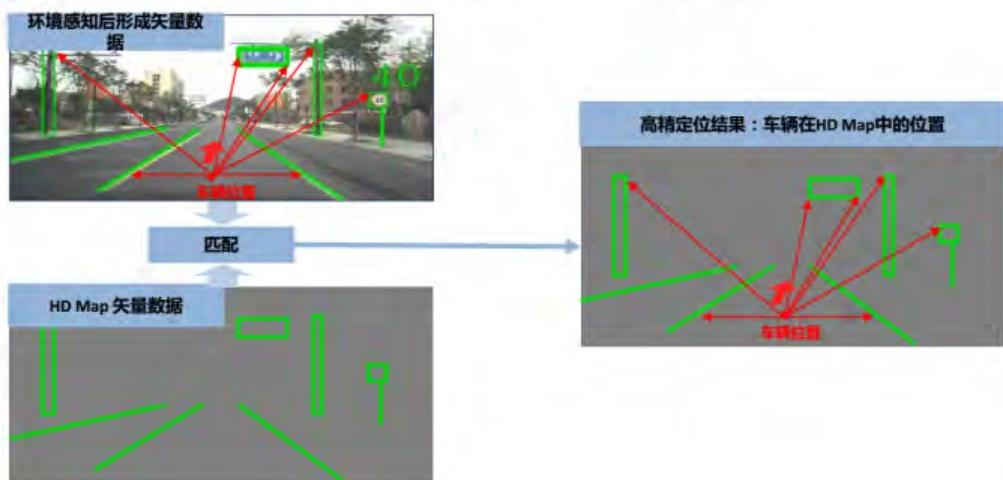


最重要的当然是高精定位，然后是环境感知辅助（比如把道路上的红绿灯位置做进高精地图中），当然行车路径规划则牵涉到自动驾驶汽车的规划和决策。此外，在云服务方面，很多时候有一些超视距的路况需要通过云服务来告知自动驾驶汽车，这其实也是可以通过高精地图来发挥作用。

1、高精定位方法

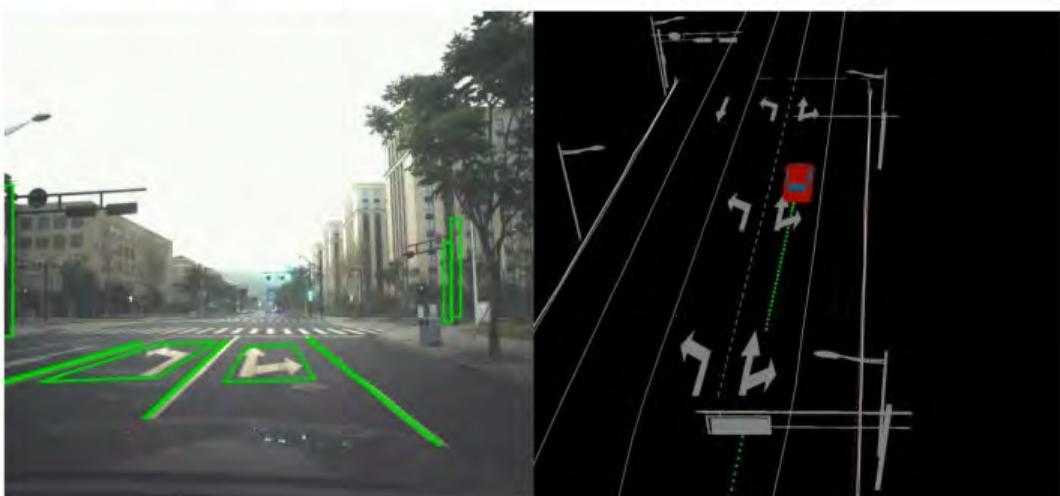
具体到高精定位的方法上，其实是将自动驾驶汽车的环境感知结果与高精地图进行对比，得到车辆在高精地图中的精确位置和姿态。实现高精定位是自动驾驶汽车路径规划的前提条件。

使用矢量Object做地图匹配高精定位



一类是基于矢量 Object 的定位：

高精定位——基于矢量Object



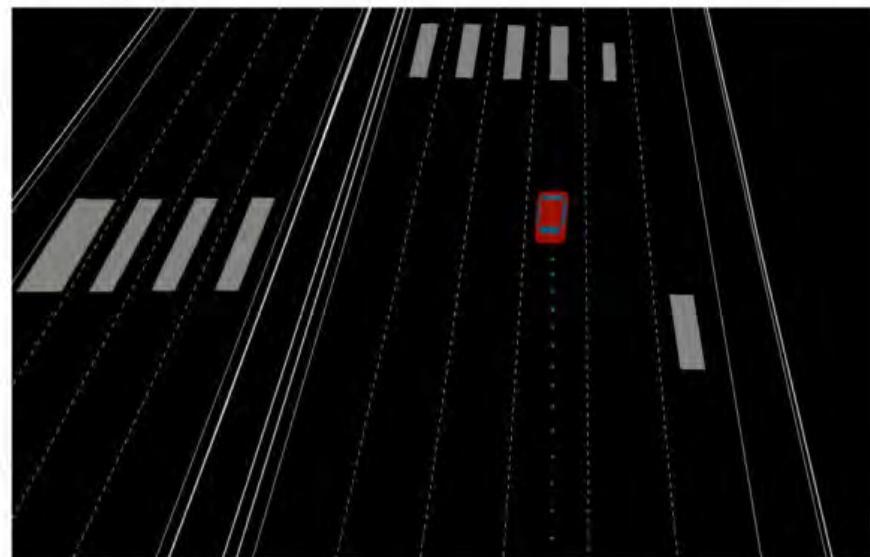
一类是基于各种传感器探测到的特征和预制的 feature map (特征图) 对比来定位。如高德的道路指纹：



上图实例中可以看到右侧画面中的红线是用 GNSS+IMU 定出来的轨迹，与车辆行驶的绿色轨迹相比存在较大的误差。

另一个实例是基于千寻 RTK 级绝对定位：

高精定位——基于千寻RTK级绝对定位



较高的绝对定位精度除了可以提高地图匹配的搜索效率，在传感器被遮挡的时候也可能提供一定的备份功能。

2、路径规划



在驾驶决策规划方面，高精地图主要还是解决了自动驾驶汽车的路径规划问题。车辆获得自己在高精地图中的位置后，通过高精地图的车道级拓扑关系，可以计算出车道级导航路径，车道级导航路径则可以为后续自动驾驶汽车避障和后续车辆控制（加速、减速、方向盘控制）提供路径输入。



上图说明了导航路径规划和用于自动驾驶的车道级路径规划，以及车辆避障之间的关系。车道级路径规划的依据是高精地图，避障部分涉及大量的车辆动力参数，是车企专精的部分。

另外，高德还与戴姆勒合作，利用千寻的绝对定位服务完成了施工区域、施工人员、车辆的道路安全预警应用 DEMO，在基于高精地图的云服务方向做了探索。

三、如何生产高精度地图

1、采集

数据采集需要依靠采集车，采集的设备有几个比较核心的部件，包括激光雷达、IMU（惯导系统）、GNSS、高精度轮速仪以及相机等。

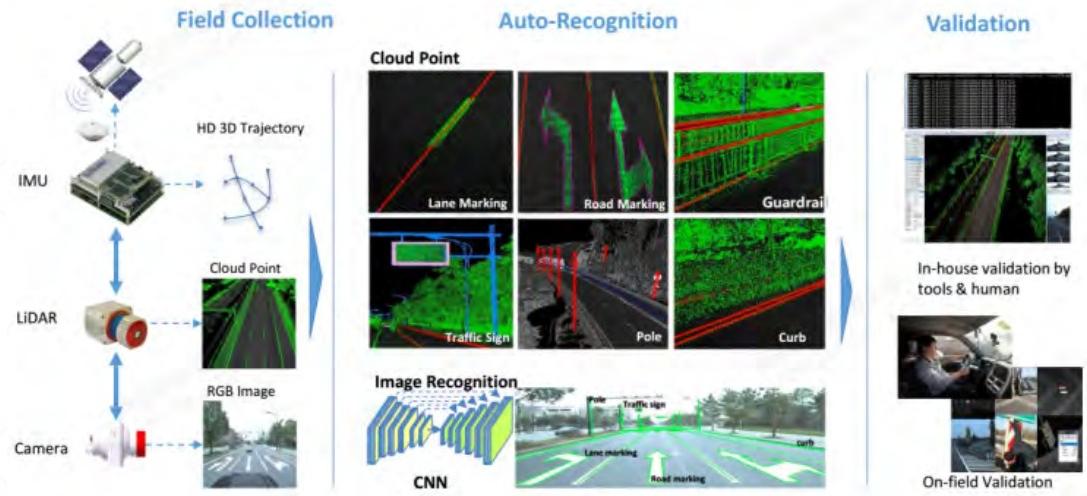


2015年初，高德从国外引进了一套成熟的移动激光测量设备，这个设备上有两个高频单线激光镭达、6个摄像头（工业相机）以及一个GNSS天线，还有IMU。激光镭达是来自奥地利厂商的产品，两个360度激光扫描仪交叉扫描，大大降低了漏扫的可能。

2、生产流程

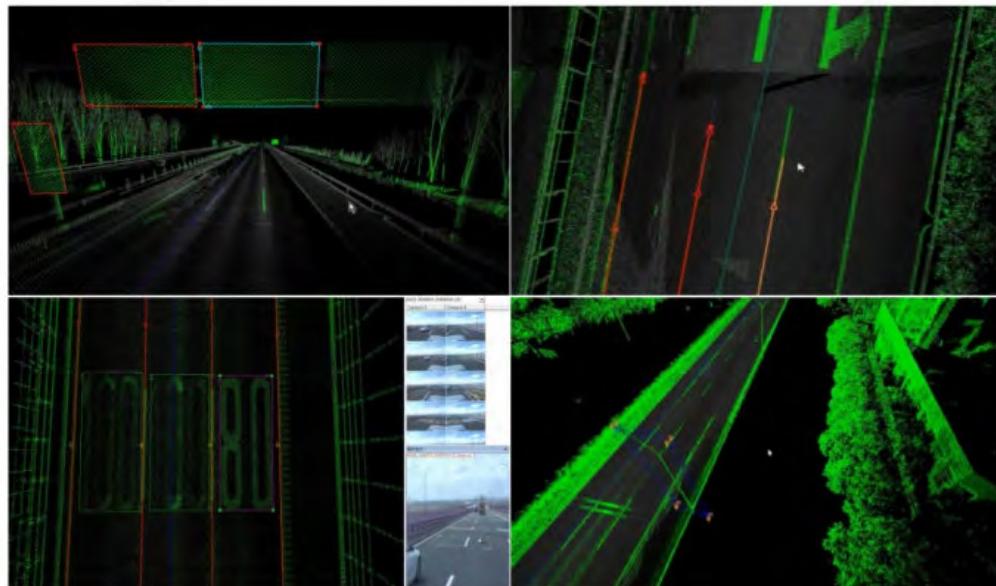


第一步是户外作业（简称“外业”），也就是使用采集设备对外部环境、道路的数据进行采集。采集设备中IMU（惯导系统）的作用也是非常重要的，它可以告诉你设备当前的姿态。所有的部件都向IMU标定，当车辆向左晃的时候，所有设备向左晃；当车辆向右晃的时候，所有设备也向右晃。数据拿回来以后，通过IMU的解算，就能把每一个设备采到的东西很准确地对应到激光点云上去。



外业采回来的数据输出的结果包含高精轨迹、点云、图像。点云采回来以后，会首先做全自动的识别，这个过程采用了深度学习技术。经过全自动识别后，还会有人工的检查和交互式识别补充。

识别工作和编辑工作做完以后，就会进入到质检环节。质检环节通过工具检查、人工检查后，最后还会有路测验证。



全自动的识别有重要的意义，因为高精地图主要的数据源是激光点云，体积非常大，处理难度大。自动识别让生产效率大幅度提升，否则高精地图的成本也非常高，而这个成本最终会转移到用户身上。自动识别是机器识别，表现更加稳定可靠。

有意思的一点是，大家经常会提自动识别的识别率问题。实际上，对于地图生产厂商来讲，更重要的是识别的准确度和可靠度。



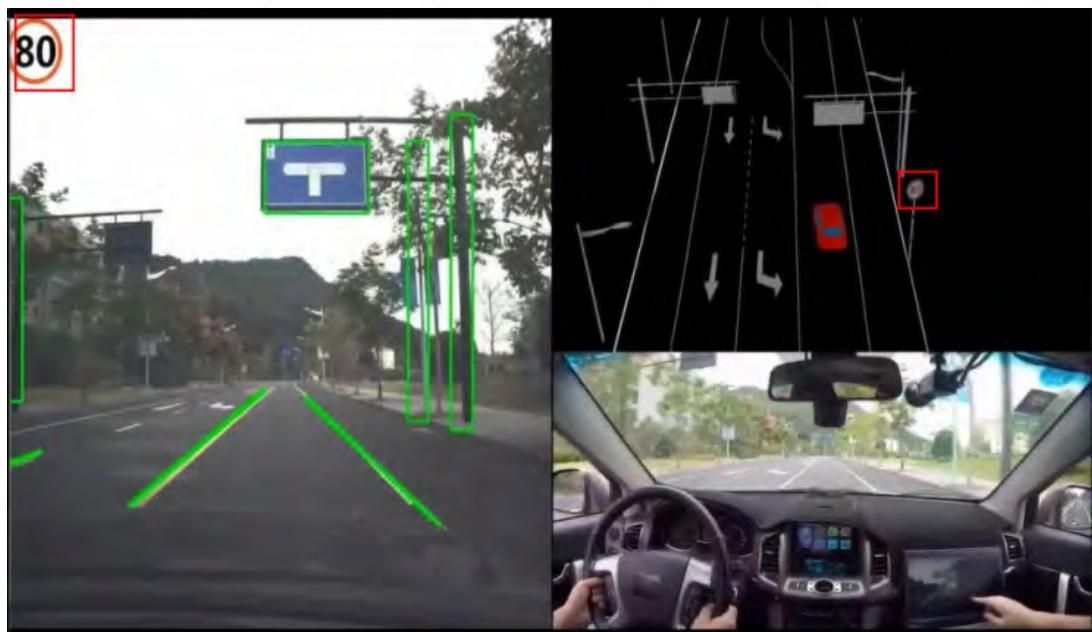
而车道线的识别其实也是类似，车道线的识别占整个地图生产量的70%左右，所以在高德生产高精地图的第一天就用上了交互式的车道线识别。

此外，高德从2015年的8月开始就在使用深度神经网络，现在也迁移到点云识别上来。

280,000 km point cloud data

$280,000\text{km} * 800 \text{photos/km} = \mathbf{224,000,00}$ photos

大量高质量的训练数据对深度神经网络至关重要。对于深度神经网络的技术本身没有多大差距。如果你采集了大量的数据去训练神经网络，那么这个网络就会变得越来越聪明。高精地图和图像、点云叠加后即可生成非常好的神经网络训练数据，之后补充标定一些特殊地物即可。



目前，基于高德通过摄像头传感器和深度神经网络训练出来的识别系统，车辆行进过程中可以对路边新增的标牌很好地识别（如上图），系统可以更新地图、重新绘制地图，下一步就是要对传感器采集到的数据进行融合。

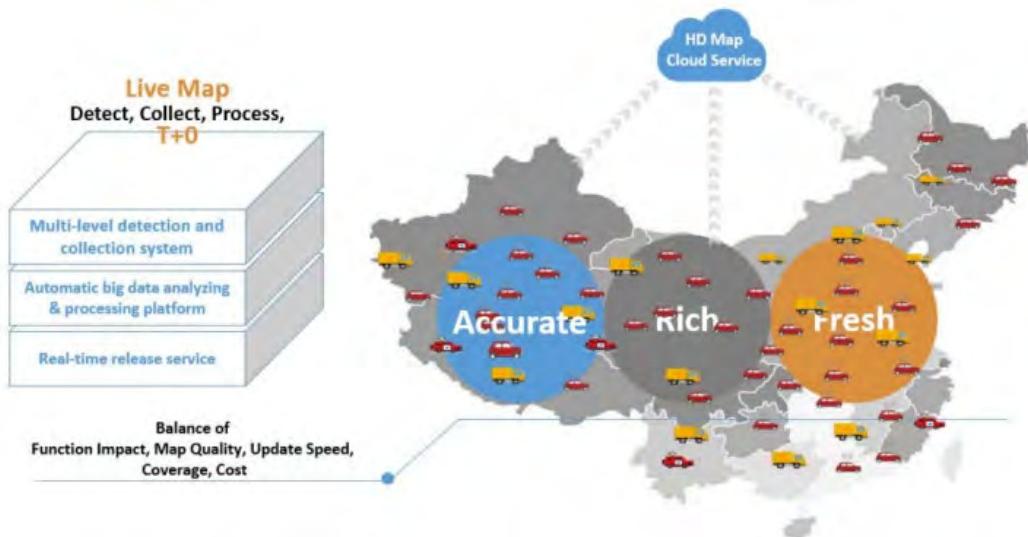
四、高精地图的挑战

高精地图的发展本身也是有很多挑战的。

1、高精地图到底长什么样？

现阶段依然取决于车辆传感器，除非真的开发出了不依赖于传感器的高精地图，无论车辆用的什么传感器都能用。未来会有什么变化，现在还未可知。

2、高精地图到底应该更新多快？



取决于车端的智能程度以及车的承受能力，根据自动驾驶方案的不同，很可能对更新频率的要求也不同。

3、高精地图的绝对精度究竟应该多高？

绝对精度是多少？是否一定要做到亚米级？

4、高精地图的更新手段?



高德目前建立的导航地图的更新体系已经非常高效。有UGC、来自政府的数据、来自行业的数据、自身强大的众包队伍以及专业的采集队伍。现在的更新已经是组合的形式，并且大量使用云计算、大数据去做数据更新的体系。

这套体系在自动驾驶阶段会变得更强，图商需要去加强建设这样的体系。

谷小丰认为，在自动驾驶阶段，高精地图更新的终极方案应该是UGC。

因为在车端装配着各种各样的传感器，也会越来越多地装配高精地图，通过建立驾驶模型，能知道在现场到底什么东西发生了变化，把这些变化传至云端做融合、校正。若有必要，可以交由高精地图

生产线进行补充采集和生产。经过不断循环这一过程，使高精地图新鲜度越来越高、使 UGC 得来的高精地图越来越精准。

当然，这样的生态环境需要车厂、各级供应商、图商等自动驾驶相关技术的提供者不断共同研究测试，仅有图商自己测是远远不够的。

5、测绘政策的挑战

对于图商来说，高精地图的一个绕不开的挑战就是测绘政策。

大家都知道，中国的地图是偏转后的地图，对地图本身的偏转就我们测试来看是没什么太大影响的。



要使用偏转地图，在车端就需要有偏转插件，偏转插件在传统地图上会有随机抖动。根据有限的观察，抖动的幅度最大可达 1.7 米。如果厂商的定位较多依赖于绝对定位，那么插件的偏转可能导致车道匹配错误。高德正在密切配合国家地理信息局测试调整可适应自动驾驶需求的偏转插件。

此外，从导航地图到高精地图，内容和形态已经发生了很大的变化。以往，对于导航地图进行审查时，关注的是边界、敏感岛屿以及敏感的 POI 等等。而到了自动驾驶地图上，这些内容都将消失，审图的重心也会转移。

比如，在现行的法规中，道路的最大和最小曲率不能在地图中表达。而这些内容往往是自动驾驶汽车非常需要的。

还有一个更远的问题，那就是“全民测绘”。现在的汽车、手机其实某种程度上都有测绘的行为，记录轨迹、拍摄照片等等，这些操作都是牵涉到测绘政策问题。所以需要业界同仁共同配合国家地理信息局为调整制订政策法规提出必要的技术和业务参考。

五、高德的实践

从整体产业来讲，自动驾驶行业有空前的复杂性，需要更广泛密切的产业协作。高德作为图商，承袭了阿里一贯的风格，更多强调为产业赋能。



高德在 2014 年 8 月份之前，就已经预研高精地图约一年左右。



- 2014 年 8 月，高德获得测绘局许可，测试真实坐标的高精地图。不过那个时候还是针对地图本身测试为主，并没有和车厂进行实车测试。也在这个时期，高德还完成了 OpenDrive 格

式的高精地图的编译，至今已经 3 年的时间。这个格式也是大家用在仿真、自动驾驶测试方面的常用格式。

- 2014 年 11 月，高德高精地图获得第一个商业订单，也是全球范围内的第二个商业订单。第一个商业订单出在北美，目前应该还没有出现第三个商业订单。
- 2015 年 2 月，高德建立起了高精地图量产的内外业生产线。
- 2015 年 8 月，高德开始将深度学习用于高精地图的生产。同时推出道路指纹高精定位方案。
- 2015 年 10 月，高德完成高精地图 NDS 格式的编译。

雷锋网
读懂智能&未来
- 2016 年 9 月，高德完成了 28 万公里高速公路的采集，也做出了基于单目相机和深度学习技术的高精地图采集 Demo。
- 2016 年 12 月，高德的高精地图生产线通过了 TS16949 的认证。这个时候还将深度学习技术用在识别激光点云上，并应用在生产线上。
- 2017 年 2 月份，高德对其首个自动驾驶用偏转插件进行测试，目前正在和测绘局调试该插件。
- 2017 年 4 月份，高德与博世和英伟达展开合作，关注的是高精地图的要素、定位图层和数据更新方案。

高德的定位是以高精地图数据产品为基础，持续赋能自动驾驶企业，使车企顺利使用测试高精地图，最终配合车企共同实现自动驾驶高精地图云服务。



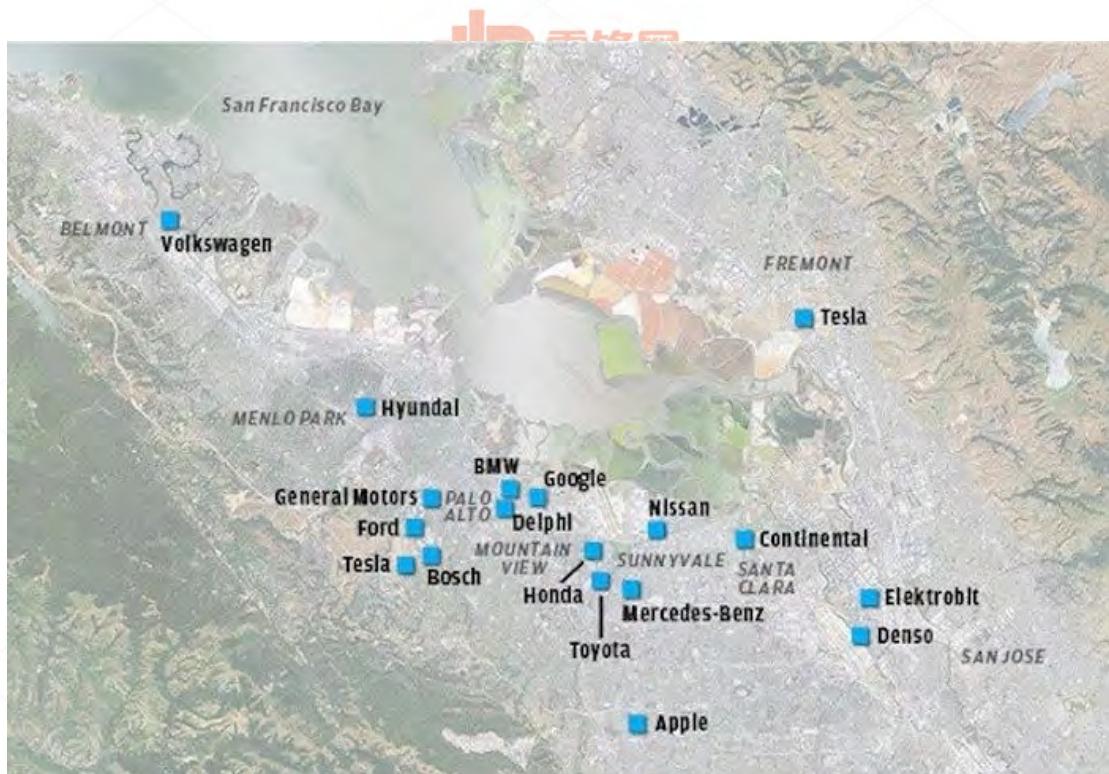
为了解决这样的问题，在高精地图上，**高德**除了提供矢量数据之外，还提供一些用于测试的应用（比如感知、定位以及车道级路径规划），通过这些应用，高德希望在云端构建完整的高精地图服务。

高精地图技术复杂，充满着各种不确定性，带来全新的商业模式，又不可避免要导致法律法规变革。构建高精地图生态，依赖整个自动驾驶产业的广泛深入合作才能实现。

采埃孚 CEO 详解未来移动出行战略： 除了在硅谷开设办事处，还要投资扶持 自动驾驶公司

作者：易建成

导语：采埃孚在硅谷开设办事处的目的，就是希望能够在硅谷寻找其他潜在的合作伙伴，尤其是传感器开发和数据管理方面的合作伙伴。



雷锋网按：说硅谷是「汽车创新的大本营」，这一点也不为过。

很大一部分原因是这里不仅驻扎着大众、宝马、福特、通用等老牌车企；还有博世、大陆、德尔福这样的顶级汽车零部件供应商。与此同时，这里还有数不胜数「要改变汽车未来的新创公司」——让汽车实现自动驾驶，是他们最大的梦想之一。

最近，来自德国的汽车供应商采埃孚也在硅谷新开设了一个办事处。采埃孚 CEO Stefan Sommer 表示，当传统汽车厂商纷纷转向无人驾驶车辆的时候，采埃孚需要确保自己依然是汽车领域的重要玩家。

虽然大部分与汽车行业相关的公司都在押注自动驾驶，但采埃孚依然坚守自己所擅长的领域：机械工程和安全系统。Sommer 表示，采埃孚不会自己独自开发新的技术，而是与硅谷的其他合作伙伴共同合作，将目前的产品用于自动驾驶汽车——目的是为了增强采埃孚自身核心产品的优势。

「我们计划在制动、转向和传动系统方面与硅谷拥有新技术的公司合作，这样我们能为终端用户提供最好的价值。」Sommer 最近向 *Autonews* 表示。

采埃孚的策略与其他汽车一级供应商形成了鲜明的对比。当前，供应商们的主流做法是采取收购或者自研的方式来快速进入自动驾驶领域，以确保自己未来在自动驾驶竞争中有一席之地。

过去两年，德尔福收购数据管理公司 Movimento 、自动驾驶软件公司 Ottomatika。而在传感器领域，德尔福投资了 3 家激光雷达公司 Quanergy、Innoviz 和 Leddar Tech；博世已经敲定投资 11 亿美元建设工厂用于生产自动驾驶汽车需要的芯片。

聚焦工程机械

一旦人类驾驶员不再需要操控车辆，汽车的设计将会发生显著的变化——汽车没有了方向盘和刹车，但是添加了旋转座椅的功能，增加内部屏幕的数量。不过，需要指出的是，即使我们最终放弃对汽车的控制权，有些东西依然不会改变。

「未来的汽车，即使是自动驾驶汽车，它仍然需要机械来控制。」Sommer 给出了这样的解答，「汽车需要更好的刹车系统、更好的悬挂和更好的转向系统，因为如果人类驾驶员没有参与驾驶，汽车驾驶的舒适度非常重要。」

目前，采埃孚正在开发 Sommer 称之为「智能机械」的产品，通过整合诸如人工智能、传感器到汽车的传统机械中。



与此同时，采埃孚也在为自动驾驶汽车的内饰重新配置安全系统。例如，采埃孚正在与座椅供应商佛吉亚合作，通过将安全带集成到座椅而不是车辆的结构中，这样方便乘客能够对座椅进行旋转或调整。

雷锋网
读懂智能&未来

Sommer 表示，当车内的乘客不在面向车辆行驶的正前方时，供应商也在寻找可以替代汽车安全气囊的解决方案。「在这个新的环境下，汽车安全意味着例如安全带、安全气囊这样的被动安全产品不再适用于自动驾驶汽车。」

新的合作伙伴



读懂智能&未来

*通过整合、投资与合作，采埃孚围绕汽车自动化与电动化打造的「零愿景生态系统」

尽管采埃孚正在将重心转向自己的核心产品，并希望在未来的竞争中获得成功，但 Sommer 表示采埃孚依然需要通过合作来增强自身产品竞争力，并快速适应市场不断变化的需求。

据雷锋网(公众号：雷锋网)了解，这家供应商陆续找到了自己的合作伙伴：

- 在今年 1 月的 CES 上，采埃孚表示将会与英伟达合作，共同为自动驾驶汽车开发拥有人工智能的自动驾驶平台 ZF ProAI。

- 今年 6 月，采埃孚与另一家供应商海拉宣布合作，双方将在相机和雷达传感器技术、增强车辆传感器安全性方面展开合作，为客车、商用车辆和非公路应用提供现代辅助驾驶系统和自动驾驶功能。
- 在今年 9 月举办的法兰克福车展的上，采埃孚宣布与百度在人工智能、大数据和云解决方案、高精地图技术领域进行合作。
-

而此次采埃孚在硅谷开设办事处的目的，就是希望能够在硅谷寻找在传感器开发和数据管理方面的潜在合作伙伴，因为硅谷有大量与这两个领域相关的新创公司——通过与他们合作，能够加强采埃孚构建的「零愿景生态系统」的竞争力。

「零愿景生态系统」是指由持续增加的合作伙伴共同打造的互联化体系，希望为市场提供广泛的智能机械系列产品系列，以应对数字化、电动技术和自动驾驶等未来交通领域的挑战。

「我们希望找到一种合作模式，将他们的技术整合到我们的产品中，并交付给汽车厂商。」Sommer 说。

除了技术方面的合作伙伴外，Sommer 还表示采埃孚计划在上述领域投资一些新创公司。「我们并不是为了收购这方面的公司，收购

他们的技术和人才，而是通过采取少量股权的形式投资这些公司。」

去年采埃孚买下激光雷达公司 ibeo 40% 的股份就是一个例子。

「这些新创公司能够保持他们原有公司文化的同时，我们也能获得他们的技术和产品。」Sommer 这样解释。

除了资本扶持外，采埃孚希望通过汽车厂商的这样的大客户来帮助这些新创公司扩大规模。「我们在汽车行业有很多资源，这样可以帮助新创公司快速将他们的技术在全球范围内得到应用。」

Sommer 说。



自动驾驶历史回顾

口述历史：回顾塑造无人驾驶行业的 DARPA 挑战赛

作者：大壮旅

导语：如果没有这场挑战赛，就没有现在蒸蒸日上的无人驾驶行业。这一切都源于 2004 年，一群疯狂的家伙聚在一起参加了一场伟大的挑战赛。



雷锋网(公众号：雷锋网)按：本文作者借一大批无人驾驶行业早期从业者之口讲述了 2004 年那一场激动人心的 DARPA 无人驾驶挑战赛。

现在回过头看，没有那场比赛，恐怕就没有现在的蒸蒸日上的无人驾驶行业。这一切都源于 2004 年，一群疯狂的家伙聚在一起参加了一场伟大的挑战赛。本文由雷锋网编译自《连线》。

2004 年 3 月 13 日，一大群工程师和数千名观众聚集在加州一家小酒吧外，他们聚精会神的注视着 15 辆参与莫哈维沙漠穿越赛的赛车，而这些赛车的方向盘其实是电脑控制的，这场划时代的比赛就是首届 DARPA（美国国防部高级研究计划局）无人驾驶汽车挑战赛。

比赛开始前，睡眼惺忪的极客们紧张的调试着他们的参赛车辆。这 15 辆赛车中，有传统造型的 SUV，也有沙漠越野车和怪兽卡车，有支车队甚至还带来了一辆摩托车。雷锋网比赛结束后，这家小酒吧附近成了车辆零部件的坟场：撞碎的保险杠、栏杆、铁丝网和用光的灭火器散落一地。

比赛期间，除了赛车出发时的欢呼，一路扬起的沙土和碎石，还有大量令人揪心的碰撞。这些稍显笨拙的车辆让我们见识到了无人驾驶汽车的局限性，显然汽车厂商和科技公司还有很多工作要做。同时无人驾驶汽车想让消费者满意也不是件容易的事情。

不过，这场比赛却奠定了现在无人驾驶行业的基础，那些满头大汗在调试无人驾驶原型车的工程师们已经成了这场汽车革命的中流砥

柱。接下里，我们就从这些无人驾驶汽车开山祖口中回顾当年那场激动人心的比赛。参与这次口述历史的包括以下人物：

Tony Tether: 2001–2009 年任 DARPA 局长，现在是私人技术顾问。

David Hall: 他旗下的 Velodyne 却从一家音频器材制造商变成了激光雷达制造商。

Sal Fish: 时任 Score International 公司 CEO，该公司非常善于组织巴吉卡车沙漠赛，现在他已经退休在家。

Red Whittaker: 卡耐基梅隆大学机器人研究专家。



Jose Negron: 当年负责 DARPAR 无人驾驶挑战赛的日常管理，现在是网络战顾问。

Melanie Dumas: 当年是语音识别工程师，现已经升任谷歌安全团队项目负责人。

Alberto Broggi: TerraMax 车队的队长，现在则是计算视觉开发公司 VisLab 的负责人。

Sebastian Thrun: 斯坦福大学机器学习研究专家，现在是在线教育机构 Udacity 的掌门人。

Joseph Bebel: 当年的他只是一个高中生，现在正在攻读南加州大学计算机科学博士学位。

Jim McBride: 当年是福特安全部门的工程师，他一直留在福特，现在是自动驾驶汽车专家。

Chris Urmson: 当年还是卡耐基梅隆大学机器人专业的学生，现在则成长为自动驾驶新创公司 Aurora Innovation 联合创始人。

I. 挑战

2001 年时，一向“珍惜生命”的美国军队萌生了让士兵远离战火纷飞的想法。于是，美国国会设定了一个目标：到 2015 年，美国军队的地面战斗车辆有三分之一必须无人驾驶化。不过，美国国防工业并没有跟上国会的创新概念，它在传感器和计算技术上一直没能取得突破，无人驾驶自然就成了一张空头支票。

2003 年 2 月，DARPA 局长 Tony Tether 决定群策群力解决无人驾驶带来的挑战，于是创办了无人驾驶汽车挑战赛：谁的无人驾驶汽车能率先跑完 142 英里（约合 228 千米）的赛程，就能拿走 100 万美元的大奖。为了给比赛造势，Tether 还专门在洛杉矶的彼得森汽车博物馆号召大家踊跃参赛。

Tony Tether: 那时我在想，也许真有 5 到 10 个不怕死的来参赛。

Jose Negron: 当时有许多和 DARPA 合作的国防承包商在研发时就遇到阻力，这些承包商想做出点不错的成绩，但始终没什么进展。所以我们需要一种革命性的方式来实现跨越性发展。

我一直提醒 Tony，这个比赛一旦办起来，肯定有数百人加入。对于那些热爱自己的工作，每天在车库和卧室里彻夜工作的人来说，失败完全可以接受，只要能吸取经验就好。

Tony Tether: 我们的办公室早上 9 点才上班，但当天 8 点半我就发现门口已经排了满满四队人，他们都是要报名参加无人驾驶汽车挑战赛的。

Jose Negron: 我详细给他们讲解了赛程，参赛车辆要穿越沙漠，走各种之字形路线、爬坡、下坡更是家常便饭。最关键的是，有的赛段路只有 3 米宽。

他们只有 1 年的时间准备。一位报名者问我：“你们为什么要把比赛搞的这么难？”我回答说：“要不怎么能叫“大挑战”（Grand Challenge）呢？”

Tony Tether: 在这次比赛之前，DARPA 主要着手减少人类对车辆的干预，可以说当时这条路走错了。

Joseph Bebel: 我母亲是一位工程师，她听说了这场比赛。由于我正在寻找有趣的事情做，所以她直接把这个项目带进了高中校园，成了我的课外项目。

David Hall: 当时我们正忙着参加最火的机器人大赛节目，当然那也是为了宣传 Velodyne 的音箱。DARPA 宣布这项比赛后，我们抓住机会展现了 Velodyne 的能力。



*参赛队伍的聚集地

Melanie Dumas (Axion Racing 车队) : 到彼得森汽车博物馆听 Tether 宣传这场比赛时，我们还被一位天使投资人盯上并拿到一笔启动资金。我们将赛车命名为 Kosrae (一位勇士的名字) ，选这个名字是因为我们投资人售卖的瓶装水就来自这位勇士诞生的岛屿。

Jim McBride: 那时候我还在福特从事车辆安全方面的工作，听说这项比赛后我自告奋勇加入参赛团队，为的是给福特寻找新的安全解决方案。不过，当时许多人认为一辆能自己操控方向盘的车太不切实际了。

Sal Fish: 当时，有人专门给我打了个电话，他说：“我是 DARPA 的工作人员，我们正在筹办一项无人驾驶汽车比赛，你能不能帮我们设计下比赛路线？”我马上同意了。

这段路程不但有很多岩石，还需要左转、右转和下坡，沟壑和仙人掌也遍布全程。据我测算，整个比赛中，每隔 5 英里就有个急下坡。此外，车辆还要识别可能突然出现的动物和火车道等。这段沙漠赛段，无人车几乎能遇到所有麻烦事。雷锋网

Jose Negron: 我专门找了拉力冠军来尝试这个赛段，他表示：“即使对我们这样的专业赛车手，这段路开起来也不容易。”

Tony Tether: 我们一共拿到了 106 个队伍的参赛报名表。随后，DARPA 要求他们通过技术文档讲解自己准备做些什么。为了表示诚意，我们还专门拜访了参赛选手，一位选手的妻子问我们：“你们是不是那些让我丈夫抵押了房子搞无人驾驶的人？”

Joseph Bebel: 其实这项比赛的本质很简单，参赛者只需利用 GPS 和传感器来躲避障碍物就好。我们的目标就是打造出一辆能完

成比赛的赛车。我们的讴歌 SUV 前保险杠上搭载了激光雷达，它能告诉车辆前方是否有障碍出现。



*部分参赛车辆

Melanie Dumas：我们弄了一辆吉普大切诺基，为了让观众更容易接受，我们没有对这辆车的外观进行大改，而是在这辆 SUV 上架了两个冲浪板。

在寻找最佳方案时，我们开发了多套平行算法，一套靠 GPS 数据，另一套则靠摄像头输入，还有一套用了激光雷达的数据。这些采集到的数据最后会输入到决策系统，以决定车辆如何行驶。

Alberto Broggi: 我们的团队更擅长机器视觉，因此我们在车顶装了三个摄像头，这是一辆绿色的军用卡车，除此之外还有两台激光雷达负责探测周边障碍物。

Chris Urmson: 为了让赛车及时完赛，我们必须未雨绸缪。于是车队调用了比赛路段的卫星地图数据。无论 DARPA 选了多么复杂的赛道，我们都能提前规划最优路线，而激光雷达负责让悍马“看清”赛道。

Tony Tether: Anthony Levandowski 当时也出现在了参赛大名单中，现在的他则成了谷歌大战 Uber 的导火索。当时他开发了一款自平衡摩托车，在预选赛中，他的赛车表现相当抢眼。



Jose Negron: Levandowski 选择摩托车是因为他觉得这种车型在越野赛中有速度优势，他确实是个天才工程师。

II. 大战

随着比赛日期的临近，DARPA 选出了 25 个车队进入最后的决赛。这些车队在预选赛时通过了安全和技术测试，其中 15 个车队成了种子选手。2004 年 3 月 13 日，这些车队齐聚洛杉矶东北部 2 小时车程的 Barstow，它们要在莫哈维沙漠中经历一场血战。

Sal Fish: 车队都聚集在了一个名为 Slash X 的沙龙上，那地方真是破的要死。

Red Whittaker: 那天早上相当冷，沙漠上所有参赛车辆都气势汹汹准备迎接这场大战。

Sal Fish: 当时我就想，天哪，有些车是不是参考了《疯狂的麦克斯》的设计。

David Hall: 简直像一堆书呆子聚集到了音乐节上。

Jose Negron: Tony 将秘密保持到了最后，赛前两小时他才将比赛路线分发给每个车队。



Tony Tether: 如果我们几周前就拿到比赛路线的精确坐标，有的人肯定会提前来这里试跑，这样他们就能做充分准备。而临近比赛前给他们比赛路线，让比赛多了一层神秘感。

Red Whittaker: 我们专门建了一个指挥中心，一拿到地图团队成员就开始紧张的工作。机械组则抓紧开始准备燃油，并完成对车辆引擎和电子设备的调试。

David Hall: 车辆到了出发点后，一按按钮它就要自己面对赛道了，这绝对是当时我见过最令人惊叹的场景。

Red Whittaker: 我们的赛车沙暴号第一个启程，它的主要任务就是一路保持领先。

Tony Tether: 当时，我和四星上将 Negron 一起坐在沙漠里看比赛。沙暴号出发时他下意识的说了句“我的神啊。”

Jose Negron: 沙暴号居然跑到了 65 千米/小时。

Tony Tether: 这赛道真不好跑，起初路还很平，但很快车辆就得翻越高山，而这里满是之字形路线 (switchbacks)。

Jose Negron: 前面几辆车出发还挺顺利的，但后面的赛车却开始遇到麻烦。



Melanie Dumas: 我们的大切诺基冲下斜坡后转了第一个弯，但在第二个弯它却掉头朝起跑线开过来。我觉得它可能觉得路太窄，于是传感器命令车辆返回起跑线。我们的车只跑了 20 英尺 (6 米左右)，简直是灾难性的失败。

Tony Tether: Levandowski 可能是太兴奋了，他居然忘了打开摩托车的平衡开关，摩托车直接向右边侧翻，我原本认为这辆摩托能比四轮赛车跑的更快。还有一辆小车直接冲向护栏然后翻车，另一辆车则遭遇 GPS 故障，在半路被铁丝网缠住无法动弹。

Joseph Bebel: 我们的讴歌 SUV 比赛前转向出现了问题，我们仓促地进行了维修，但赛前没时间检验。这辆赛车最终也失败了，它根本无法转弯，跑了一段路后直接撞上了水泥围墙。

Alberto Broggi: 我们在赛前最后一刻终于整合好 Oshkosh 的软件，但最终它无法区分不同的障碍。我们的激光雷达还将灌木丛识别成了不可移动的障碍物。

Tony Tether: 见到“障碍物”后，Oshkosh 卡车选择了倒车，车后又有一堆风滚草，所以它开始在那里不断地前进后退。一辆 14 吨重的巨兽，居然被两团野草给吓怕了。

Alberto Broggi: 当时赛车根本找不到脱身方法，辛苦工作一年，我们却在几分钟内被打败了。

Sebastian Thrun : 这些车的失败不是因为设计粗糙，而是因为它门没能采集到足够多的环境信息，因此它们基本上是“蒙着眼”在行驶。

参赛车辆鱼贯而出后，Slash X 沙龙附近成了一个机器坟场。不过，赛事组织者和观众们还是希望那四辆依然在奋战的赛车中有一辆能最终完赛，当时比赛已经进行一个多小时。这四辆车中，David Hall 的 Velodyne 皮卡和卡耐基梅隆的沙暴号呼声最高。

David Hall: 在赛道第七英里处，所有车都要爬上一座山坡，如果翻越了它，后面就一马平川了。

Sal Fish: 我当时想，上帝保佑，一定让它们顺利通过。

Red Whittaker: 在爬这座山时，最令人担心的就是车辆失去平衡。不幸的是，在资格赛前一周，我们的悍马撞坏了车顶的传感器，因此车辆有点向左跑偏。

Tony Tether: 就在这时，沙暴号出问题了。

Red Whittaker: 赛车因为离路边缘太近而陷了下去，车轮不断打转。最后轮胎起火冒烟，沙暴号遗憾退赛。当时我就安慰自己：“它只是个机器人，我不该动感情的。读不懂”随后，我安慰了团队成员，让他们不要灰心。

Tony Tether: 我们不得不暂停比赛，但 David Hall 离事故地只有不到半英里远，而且它还在行驶。

David Hall: 赛会方面花了一两个小时才把沙暴号弄出来，我们只能回到车队的帐篷里等消息，当时我们根本不知道发生了什么。

Tony Tether: 我们终于清理好了赛道，然后恢复了比赛。

David Hall: 我们的皮卡重新投入比赛后也遇到了问题。比赛暂停时它碰到了一块巨石，比赛重新开始后它却过不去了。

Tony Tether: Hall 的赛车也止步于此。我坐上直升机直接到了终点线，那里的媒体都等着赛车冲线，那是早上 11 点钟。我下了飞机后他们就急切的询问比赛的进展。

我说：“比赛结束了，成绩最好的赛车跑了 7.4 英里，然后就冒烟了。”一位记者问我：“你们下一步准备怎么做？”我回答道：“再举办一次大赛，奖金提升到 200 万美元。”

III. 余波

虽然第一次挑战赛以惨败告终，但大多数参与者在 Tether 宣布将继续举办下一届挑战赛时还是信心满满。

 Tony Tether：我有点失望，但这场比赛绝对前无古人，参与比赛的每个人都认识到了这一点。

Sebastian Thrun：如果没有这场挑战赛，就没有现在蒸蒸日上的无人驾驶行业，它开拓了一个新的社区。大家都是新来者，而创新并非来自市场内部，而是由外来者带入。

曾经在这个领域摸爬滚打的专家们反而没了优势，因为他们被自己的思维困住了，当时开发无人驾驶的工程师很少有了解机器学习，Velodyne 的激光雷达也是这场挑战赛催生出来的。

David Hall: 这场挑战赛上的传感器都不太可靠，它们可能会无意间让车辆急刹车或跑偏。因此比赛结束一年以后，我开始着手研发新款激光雷达，它拥有 360 度的三维视角。DARPA 劝说我量产这款激光雷达，我们在第三届比赛时将它供应给了其他团队。

Sebastian Thrun: 2008 年，Larry Page 说服我加盟谷歌并负责无人驾驶团队。随后我将 Chris Urmson 和 Anthony Levandowski 都招致麾下。

Chris Urmson: 这场挑战赛让我们建立了深厚的友情，这个社区也培养了当今无人驾驶市场上绝大多数科技领袖。

Tony Tether: 这一切都源于 2004 年，一群疯狂的家伙聚在一起参加了一场伟大的挑战赛。

走进 CMU：无人驾驶技术诞生的地方

作者：思佳

导语：那一年，是 1984 年，比人类发明 GPS 时间还要早很久。



雷锋网·新智驾按：梦想之所以是梦想，是因为它总比现实跑得更快、更远。火箭被发明前的几千年，历史就已经有对于飞天探索的记载。无人车也是如此。

1984 年，在 GPS 还没有被发明的时候，卡内基·梅隆大学团队在一处废弃的停车场测试了他们的第一辆自动驾驶汽车。在今天看来，当时的水准不值一提，但自 1980 年代起，在美国 DARPA 等机构的资助和推动下，一系列研究团队对无人驾驶技术从无到有的

探索之路，走得不容易。这也成就了包括卡内基·梅隆大学在内的一众院校和实验室，至今也是无人驾驶技术和人才诞生的摇篮。

如今，无人驾驶要比过去任何一刻都跟接近人们的生活，那么对于孕育了这项技术原型的卡内基·梅隆大学，他们曾历经了怎样的故事呢？雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾整理编译了这篇来自匹兹堡商业时报的报道，以飨读者。

在位于美国匹兹堡的一处废弃停车场里，一辆无人车绕着场地缓缓地行驶，它有一个名字，叫 Terregator，创造它的人说，“它像一张滚动的桌子，能够自主识别和驾驶”。

“自主识别和驾驶”，就是这个今天常被用来形容自动驾驶汽车的属性，让这台“会滚动的桌子”几乎创造了历史。

那一年，是 1984 年，比人类发明 GPS 时间还要早很久。所以，当时团队为了跟踪这辆车的驾驶轨迹，在车尾绑了一个底部打孔的油漆罐，随着车辆移动，漏出的油漆在车尾画出了一条路径。



雷锋网
读 懂 智 能 & 未 来

提到这件事的时候，卡内基·梅隆大学（Carnegie Mellon University，下称 CMU）机器人学教授 Red Whittaker 依然记忆犹新。当时的原型车，是 CMU 多年来对陆地巡航器（Terrestrial Navigator，即“Terregator”）研发积累的结晶，同时，研究团队还花了数月对车辆进行外观和架构设计。

这款被 CMU 研发团队命名为“Terregator”的小车，有六个轮子，每秒能行驶几厘米。车身配置的一系列传感器，包括声纳环、摄像头，以及一个单线激光雷达测距仪，它们将负责对障碍物和环境进行感知。

“我并不想标榜这是无人车历史上的第一，但对于当时研发它的团队而言，Terregator 在他们心中就是这样的位置，”Whittaker 感慨地说，“第一次看到它在那儿，虽然就只是绕着停车场转圈，但那种惊喜、那种惊叹的感觉，是难以言说的。”

从那以后，CMU 就因 Terregator 的诞生而成为自动驾驶技术的发源地，而这，也开启了 CMU 在此基础上长达 30 余年的技术研究。这些年来，Terregator 的创造者 Whittaker 也一直在支持其他各类汽车相关技术的研发。

今天，如果城市街道上出现一辆自动驾驶汽车，它已经不会再那么让人惊奇，但 CMU 以及它所在的匹兹堡市，却因为 Terregator 的故事成为孕育无人驾驶技术最古老的地方。

其实，CMU 的自动驾驶技术研发始于 1980 年代中期的一个契机。

当时，美国 DARPA（美国国防部高级研究计划局）旗下操持着一个“战略计算计划”（Strategic Computing Program, SCP），计划为期 10 年，DARPA 希望以此从计算机架构、软件、以及芯片设计领域的高速发展获益，并推动 AI 技术达到新的高度。

1983 年，美国国防部将自主式陆地车辆（Autonomous Land Vehicle, ALV）列为战略计算计划的研究项目之一，并制订了年度规划。

- 1985 年：道路跟踪试验，车辆以 10km/h 的速度行驶在铺好的公路上，不设置障碍。
- 1986 年：避障试验，车辆以 20km/h 的速度行驶，能识别和避开固定障碍物。
- 1987 年：越野路线规划试验，规划车辆行驶路线，并以 15km/h 的速度通过开阔的沙漠地带。
- 1988 年：公路网路线规划及避障试验，规划车辆行驶路线，并实现以 20km/h 的速度借助路标导航行驶于公路网上，以及完成地图校正和从路边绕过障碍物。



在那段时间，DARPA 资助了一些院校和制造商企业，作为其中之一，CMU 的任务是负责解决 ALV 系统复杂的感知和集成问题。为了攻克该技术，CMU 的研究人员于 1984 年组建了导航实验室，命名为“NavLab”，专注于复杂环境中的高难度视觉感知问题研究。

“在那个时代，一切都是从零开始。从为自动驾驶汽车规划路径，到路径跟踪，到避障，到找到实现自动化的合适的软件系统。机器如何看见世界？机器如何理解世界？所有的一切，在今天而言，都太过初级了，也正因如此，那时候的成果称得上真正的发明。”Whittaker 如是说。

机器人如何看见世界？

Whittaker 永远都不会忘记 1984 年的一天，在美国申利公园，团队第一次决定测试 Terregator 在真实世界的避障性能。

“那是匹兹堡的晚春，所有大学都没放假，许多学生们出来散步晒太阳，”他说，“所以，在他们都聚集在公园时，我们测试了 Terregator，它缓缓地，在这些学生身旁行驶着，一些人躺在公园草坪，它也绕开了他们。学生们第一次看到 Terregator，就像 Terregator 第一次看到他们一样。这一瞬间，感觉真的很酷。”

不过，对于自动驾驶而言的挑战，还不止是障碍物本身，这意味着，车辆需要去感知这些障碍物，然后更重要的是，是决策下一步应该如何行驶。

“在无人车的驾驶决策上，有太多工作需要做。换句话说，一旦视觉数据被解译，那么车辆就必须对如何驾驶、如何转向等做出判断，”CMU 机器人研究所主任 Martial Hebert 说，“**我认为在这个环节，是创新性技术迸发的地方。**”

Hebert 回忆说，当 CMU 第一次着手研发自动驾驶车技术时，他们的汽车只成功“看”了两天。当时，团队使用类似摄像头的传感器，配合图像分析技术，同时使用激光雷达直接获取 3D 感知信息。这

两种环境感知的手段，至今也在被采用，不过已经变得比 1980 年代更复杂了。

CMU 研发的最新一款自动驾驶车，是于 2013 年亮相的一辆凯迪拉克 SRX，这辆车当时成功载着时任美国宾夕法尼亚州议员的 Bill Schuster 抵达了机场。

技术上，这辆车通过图像分析和对车道线等路标的测量辅助进行环境感知，同时车辆已经能够实现高速路的平均驾驶时速。而真正让它与 Terregator 区分开来的，除了时速和外观，还有对环境中动态事物的感知能力，不论是人、车、还是自行车等。





*自动驾驶改装车凯迪拉克 SRX

“当你需要处理无人车与交通环境中的其他参与者，如行人的关系时，事情会变得非常复杂，”Hebert 如是说，“车辆必须在完全动态的交通环境下做出驾驶决策。”

在现代研究中，车辆的驾驶决策将变得更加细致。Hebert 回忆说，在 Terregator 之后，1986 年，CMU 还研发了一辆基于雪佛兰厢式

货车改装的自动驾驶车，命名为 Navlab 1，这辆车能达到每小时 20 英里（约 32 公里/时）的时速。



*自动驾驶改装车 NavLab 1

而在 Navlab 1 之后，CMU 开始将研发重点放在更细致的自动驾驶车行为决策上，即让车辆“表现得更像人类司机”。这意味着，自动驾驶车不只是考虑“避障和行进”那么简单，而是需要结合更多的场景和分析做出判断。

“所以，当时的下一步研究，是让车辆能够推测其他车辆的移动，例如一辆从旁边经过的汽车，”Hebert 说，“这是非常关键的进步，因

为它使得自动驾驶车从简单的周围环境感知和追踪，发展成对周边车辆的动态反应。”

这些研究成果，在 CMU 随后研发的 NavLab 5 上全部进行了展示，这是一辆基于庞蒂亚克运动款轿车改装的自动驾驶车，1995 年，这辆车在“横穿美国实验”（NO Hands Across America, NOAA）中，从宾州的匹兹堡行驶到加州的圣迭哥，行程 4587 公里，其中自动驾驶部分达到 98.2%。



*自动驾驶改装车 NavLab 5

Navlab 的研发成员之一，CMU 博士生 Todd Jochem 回忆说，他们当时花了 4 个月时间完成车辆的改装和软件调试，总成本不超过 2 万美元。所有装备包括一台计算机、一台彩色摄像机、GPS，以及一台光纤陀螺仪。



有趣的是，他们的 GPS 并不是用来定位，而是测速，Todd Jochem 说，当时 GPS 还没有开放高精度定位功能，也就是说如果使用这种服务价格会十分高昂，同时，就算用 GPS 进行高精度定位，他们也没有匹配的地图。

这之后，在 2005 年，CMU 带着 H1ghlander 参加了当年的 DARPA 挑战赛，那是一辆改装的通用悍马，它在道路上成功对一辆人类驾驶车辆进行了超车。

“我至今仍记得当时的兴奋之情，一辆自动驾驶车对一辆人类驾驶车进行了超车，”Whittaker 说，“时至今日，所有人都知道这是如何实现的，但我却不希望因此忽视当时取得的成果的巨大价值。”

在路上

2007 年的 DARPA 城市挑战赛 (Urban Challenge) ，100 余组参赛队伍中，11 辆自动驾驶车因其卓越性能脱颖而出，其中就包括 Boss——CMU 基于雪佛兰太浩的自动驾驶改装车，最终，它在当年比赛中摘得了冠军，平均时速达 22.53km/h。



DARPA 城市挑战赛的前身是「DARPA Grand Challenge」，地位等同于无人驾驶圈的奥林匹克。2007 年，挑战赛在美国一处退役的空军基地进行，距离洛杉矶两小时车程，「DARPA Grand Challenge」也被随之称为「Urban Challenge」。当时赛道全程 55 英里（约合 89 公里），参赛方需要在过程中完成三项驾驶任务，并在 6 小时内完成比赛。

“在无人车开始三项驾驶任务中的第一项时，Boss 突然不动了，当时所有人的心跳都像漏了一拍，”参与挑战赛的 CMU 电子计算机工程系教授 Raj Rajkumar 回忆说。

“我们本来应该第一个开始，结果当我们准备启动系统时，Boss 却不动了！”Rajkumar 说，“**雷锋网**当时团队所有人都在心脏狂跳，然后想‘这到底怎么了！’”

经过简单调查，团队发现了问题所在。与其他参赛车不同，Boss 在赛道起始位置十分靠近一个报道赛况的巨大显示屏，对 Boss 的 GPS 造成了干扰。随后，Boss 继续参与了比赛，并以 20 分钟领先第二名的成绩摘得了冠军。

CMU 在 DARPA 挑战赛中的优秀表现，直接促使美国通用汽车公司对其捐赠 500 万美金建立第二个实验室，自动驾驶技术合作研发实验室，并由 Rajkumar 担任联合主任。

Rajkumar 还有一个身份，自动驾驶技术创业公司 Ottomatika 的创始人。2013 年，Ottomatika 被创立，并致力于将 CMU 研发的自动驾驶学会成果进行商业转化。随后，该公司与德尔福合作，进行了一些汽车在城市或高速公路驾驶的主动安全平台研发。

2015 年，Ottomatika 被德尔福收购。也是在那一年，德尔福用 Ottomatika 的技术改装了一辆奥迪 Q5 自动驾驶车，从旧金山行驶到纽约，自主驾驶时间达 99%。

迄今为止，CMU 已经公开了 140 项针对自动驾驶技术的研究成果，其中，凯迪拉克 SRX 也成为浓墨重彩的一笔，不只是因为其开创性地完成了对许多前沿技术的深度融合，也是因为许多传感器和套件已经与车辆进行了嵌入式整合。

“Boss 的车身上背着一串的设备，车顶的激光雷达、一大堆摄像头，车尾还装满了电子器件。在车内有两个巨大的显示屏，驾驶员需要不断监控这些信息，同时，即使是有三四十年驾龄的老司机，也必须通过训练才知道如何操作这辆自动驾驶车，” Rajkumar 描述说，“而到了 2011 年，我们与通用公司合作基于凯迪拉克进行改装，当时的首要目标，就是让这辆车看起来更正常。”

在 SAE 划定的 Level 0–Level 5 自动驾驶等级中，Rajkumar 认为 SPX 达到了 Level 3.3。而对于达到真正的 Level 5，Rajkumar 认为至少还需要 10 年时间，甚至更久。

“接下来，我们还需要面对诸如天气环境、隧道、桥梁等复杂问题，”Rajkumar 说，“在隧道和桥梁环境下，GPS 失效，我们目前能达到 85% 自动驾驶，但剩下 15% 始终要被彻底解决。”

“现在，我们正为下一代的自动驾驶实现做储备，这其中不再只是自动驾驶本身的问题，还涉及许多车规级元器件开发——为了真正实现产品化，同时要考虑各种城市道路的复杂问题、天气问题，当然，还要最终控制成本。”



重访 2005 DARPA 挑战赛斯坦福车队

成员：Stanley 夺冠背后那些不为人知的细节

作者：三川

导语：“如果没有这套 CV 系统，我们不会拿下挑战赛冠军，CMU 会赢。”



今年是 2017 年，距第二届 DARPA 无人驾驶挑战赛（2005）的筹办，已过去了十多年。

看到现在遍地生花的无人驾驶行业，为自动驾驶算法、激光雷达、高精地图、芯片提供解决方案的初创公司纷纷涌现，一条完整的产业链正在形成。而催生这一切的“原点”，使得自动驾驶由概念走向现实的那一刻——便是 2005 DARPA 挑战赛上斯坦福“Stanley”赛车力压卡内基梅隆的两辆改装悍马，以第一名的成绩完赛的那一瞬间。

为了更清晰地回顾这场里程碑意义的比赛，雷锋网(公众号：雷锋网)采访了一位当事者——其作为斯坦福车队成员亲身经历了这场比赛、参与了“Stanley”的改装测试。他将以第一视角讲述、反思这场自动驾驶世纪比赛。





*Adrian Kaehler

这位便是本次采访的对象 Adrian Kaehler，其经历不可谓不丰富，以下是一部分：

- 14 岁就读于加州大学 Santa Cruz 分校；
- 加入 2005 DARPA 挑战赛斯坦福车队，参与“Stanley”的计算机视觉模块（CV）开发；

- 2006 年出版 《Learning OpenCV》；
- 2013 年跳槽颇富争议的 AR 初创公司 Magic Leap，任副总裁。2015 年离职，后互相起诉；
- 2015 年创立非盈利组织 Silicon Valley Deep Learning Group，在硅谷组织向所有人免费开放的深度学习讲座。

以下是采访正文。

雷锋网注：DARPA 自动驾驶挑战赛共举办了三届：2004 年的第一届 Grand Challenge，2005 年的第二届 Grand Challenge，以及 2007 年的 Urban Challenge（城市挑战赛）。下文中“第一届”、“第二届”字眼会频繁出现，分别指代 2004 年与 2005 年的挑战赛。

雷锋网：请介绍一下 2005 年 DARPA 挑战赛举办的背景。

Adrian Kaehler：第一届（2004 年）DARPA Grand Challenge 的规模要小得多，没有队伍完赛因而也没人获胜。当时 DARPA 筹办比赛的背景是伊拉克战争（2003 年 3 月发动）。国防部认为自动驾驶技术能够为陆军提供帮助，因而有意推动技术的发展，比赛场地也有意选在类似于伊拉克地形的沙漠。

大赛的 100 万美元奖金其实并不多，但足以让它显得权威，诺贝尔奖、图灵奖的奖金也在这个层次。但是，参赛队伍并不是图这奖金。即便第二年（2005）奖金抬高到 200 万美金，我认为意义仍不大。部分第一届参赛队伍并没有参加第二届，但有许多新团队加入——因为他们听说了这场比赛。相比之下，第一届比赛的赛前宣传做得不到位，许多有兴趣参加的人，听说的时候已经太晚，来不及改装一台车辆参赛。但第一届比赛让 DARPA Grand Challenge 为人所知，每个人都知道它要举办第二届。

你是如何加入斯坦福团队的？

先是赢面相当大的卡内基梅隆（CMU）自动驾驶团队老大 Red Whittaker，在位于硅谷的 CMU 西海岸校区举行了一场讲座。我去听了，觉得“想做这个事”。

当时在斯坦福的 Sebastian Thrun、Mike Montemerlo 也都放出话来，欢迎更多人加入他们的团队。我那时在英特尔工作，Gary Bradsky 也是。Sebastian Thrun 和 Gary Bradsky 认识，邀请 Gary 上车。我和 Gary 以及其他几位英特尔同事就加入了。

有意思的是，整个挑战赛在某种程度上变成了 CMU 和斯坦福之间的竞争，而 Sebastian Thrun 和 Mike Montemerlo 此前都在 CMU。

你们这些英特尔的同事，是以个人身份还是以英特尔团队的身份加入的？

以个人身份。英特尔直到比赛开始前不久，好像是一个星期，才正式提供赞助，展示它的 logo。

各只参赛团队的思路有多大的差异？

参赛团队并不都是大学计算机专业背景。第一届比赛中涌现了各种各样的方案，比如用巨型轮胎克服崎岖地形。有的团队把重心放在传统机械，有的靠的是区域地图，还有摩托车。

到了 2005 年，不同团队之间的方案区别就不大了。大家都意识到开发一辆新车的工程量太大，最好是利用一辆现有的汽车硬件，加入一些自动驾驶功能，专攻软件，只做必要的改装。不过，虽然大家通过第一届比赛都意识到了这点，但重视程度不一样。

在我眼里，斯坦福团队在这方面是比较极端的：采用越野性能很不错的大众途锐（即“Stanley”），尽量少改动悬挂和车轮等原有部件，添加传感器和计算设备。事实证明，这是一个非常有效的思路。

到了城市挑战赛，每个人都在搞传感器和计算机。选的车都是做电气化改装比较容易的。比如，2005 年，CMU 用的两辆车一辆是悍马 H2，一辆基本是军用版 Hamvee。Hamvee 的问题是，它的

电气化程度不高，他们需要加入对油门、刹车的电子控制系统。用最新的车，就可以直接借助车辆已有的系统，不需要自己装促动器什么的。城市挑战赛中有个团队用了普锐斯。他们能够通过这辆车现有的电气系统直接向设备来回传输信息，不需要添加促动器。

斯坦福团队在“Stanley”上采取了什么方案？

那个时候，激光测距仪是比较受欢迎的方案，大多数车都用它作为主要传感器。但我和其它来自英特尔的成员则认为计算机视觉(CV)非常重要。Sebastian 对此很不以为然，总是说“我不这么认为”、“我才不会用计算机视觉”、“这技术不稳定”。

每周全体队员都会坐到一起开会。 大体思路是基于 Sebastian Thrun 之前的研究。在这之外，团队有许多不同的想法，尝试了许多东西。激光测距仪的分析、CV、导航、控制，这些东西当时一点都不清晰。有许多精彩的讨论。Sebastian Thrun 在斯坦福的课上允许学生选择一些跟我们的参赛车相关的项目。不少学生探索了不同的想法，有很不错的，也有结果一般的。整个过程是非常动态的。

我们发现，作为主要传感器的话，CV 确实还不够成熟，在那个时候（2005 年），做一个纯粹依赖计算机视觉的自动驾驶车不可行。但有些特定问题可以用 CV 解决：CV 技术的探测距离比激光雷达远得多，能够提前探测、理解远处的路况。激光测距仪本来是

远距离的设备，但在自动驾驶场景中，它以偏向地面的角度进行探测、行驶时扫描道路。这个场景下，由于多种因素，它的有效距离并不远。

当利用 CV 探测远距离路况，我们能够决定高速地行驶是否安全。事实上，我们因为这一点才赢了比赛。这一点很有意思——当时所有人都假设，赢得比赛的关键是在最难走的部分，比如地面最特别坑洼、崎岖、需要急转弯的地方。而在平坦、直线路段，每个队伍的参赛车辆都会有多快跑多快，就像 indy 500 F1 比赛——获胜的关键是在弯道的表现。但 DARPA 挑战赛和 F1 赛车完全不一样，直线路段并不能“有多快跑多快”。而如果你做不到在平坦、较直的路段“有多快跑多快”，崎岖路段的领先优势完全就丧失了。实际上，那些实力强劲的参赛队伍通过崎岖地段的表现都很好，差距不大。最关键的反而是最好走的地段：当地面情况“良好”时，很难决定是以 30 还是 40 英里/小时的速度行驶。看起来地面比较平坦，但毕竟不是铺装公路，越野车无法高速安全行驶。

我们赢了第二届 DARPA 挑战赛，并不是因为在困难地段表现得有多好，而是在平坦的路段，我们能够识别出这些路段事实上是相对“容易”的，让车跑得更快。我们发表了一篇论文来解释这一点。

简而言之，我们获胜，是因为在平坦、空旷地段比其他车队跑得更快。

详细介绍下 CV 和激光雷达在 Stanley 自动驾驶系统中的功能角色？

CV 让它看到远处，细微操作仍然依靠激光雷达。我不记得当时激光雷达有效探测距离的具体数字了，但大约是 8 到 10 米。在这距离以内，激光雷达对车辆前方的地形进行细节丰富的扫描。在这范围以外，激光雷达对车辆倾斜角度的估计误差，会导致对地面高度的预测产生更大的误差。这也是为什么激光雷达的有效范围最终是取决于车辆倾角的预测准确度，而不是激光的强度。

相比之下，CV 能看到 100 米远，探测前方的路况是否笔直、平坦，这时候就可以加速。



那时候，CV 的使用很受限制。那之后，出现了更多不同的自动驾驶技术方向。我认为最关键的因素是传感器的成本。购买 Velodyne 64 线雷达仍需要几万美元。如果能有效使用 CV，就不需要使用激光雷达。但 CV 方案到底有多可靠？

DARPA 挑战赛时，我们比其它队伍对 CV 用的更多。事后对于获胜的原因，我们做了很细致的分析，结果发现，如果没有用 CV 只用激光雷达，由于系统反应时间问题，安全行驶速度会遇到瓶颈。比如，激光雷达的探测距离只有 10 米，10 米内突然出现某个障碍必须全力刹车的时候，你必须保证能刹得住。因而时速会有个安全上限，比如每小时 25 英里。所有其他团队都限制了他们的时

速，当然，为了安全，这是正确的做法。而我们由于有视觉系统，能在至少某些特定路况下突破这一限制。

在好路况上我们以 35、45 英里（举个例子，我忘记了我们的峰值速度）的时速行驶，而别的队伍只能开 25 英里/小时。这才是我们获胜的原因。

如果没有这套系统，我们不会拿下挑战赛冠军，CMU 会赢。

斯坦福团队获胜还有哪些原因？

我之前画了一个图：每个团队花在沙漠（类似 DARPA 挑战赛的环境） debug 系统的时间，和最终大赛表现几乎是成完美正比的。

在沙漠花费的时间=挑战赛最终成绩。^能你甚至可以据此讨论，CMU 败给斯坦福的原因，是否因为他们离沙漠太远？（CMU 坐落在美国东部匹兹堡，沙漠在中西部）。这方面，地处加州的斯坦福有巨大的主场优势：2005 DARPA 挑战赛在位于加州与内华达州边界的 Barstow 地区开展，顺便说一句，Barstow 的环境真是极端恶劣；斯坦福由于离得近，我们团队得以在那儿训练。

CMU 由于在东部，大多数试验都在与比赛情况并不相近的环境开展。比如树更多啦，你可以说这个环境 3D，会更倾向于从几何方面入手。他们提前了几个星期到西部测试、debug，不如斯坦福团队在沙漠地形测试的时间长。

这很可能是一个合理的论点：CMU 输给斯坦福，只是因为他们在比赛环境测试、debug 的时间不如后者。更多 debug 的时间总是需要的。

你们以及整个团队的工作重心？

我认为 Gary Bradsky 的角色是说服 Sebastian 采用计算机视觉（笑）。

至于整个团队的工作重心，你需要问 Mike Montemerlo 才能特别清楚，他负责监督整个项目，与各个小组沟通。工程上，他是整个团队的核心。

可以肯定的是，大量的努力花在了控制上面。那时候，后预测（post-estimation）和现在很不一样——把 GPS 信息，IMU，Gyroscope 等信息融合一起，估计车辆的位置是一个非常困难的问题，当时没有让人满意的方案，即便有也买不到。

我后来才知道，在 2005 年的比赛，CMU 获得了一家名为 The Planet 的公司的后预测系统，做的就是上边说的事，把 GPS、Gyroscope 等各个传感器的数据进行融合，对车辆的移动轨迹和状态进行估算。

2005 年，我们也开发了自己的后预测系统。但到了城市挑战赛的时候，每个人用的都是第三方的方案。The Planet 也不是唯一一个

服务商，大家都把这个作为系统中的一个部件直接买过来，而不是自己开发。

你参与 DARPA 挑战赛最大的收获？

我意识到开发任何类似机器人的东西，机器人体验的多样性总是大幅超出你的想象，不管你多么努力地开脑洞。事实上，这就是谷歌自动驾驶汽车一直遇到的困难。世界这么大，可能发生的奇奇怪怪的事是无限的。谷歌公布了一系列自动驾驶测试中遇到的特殊情况照片，这些事件为谷歌汽车的 failure mode 做出了贡献。我记得有一张照片，一个小女孩站在街角，手里牵着一只漂浮的红色氦气球。而这个气球的位置刚好就在红绿灯里红灯的位置。而一个好像是树枝的东西基本遮住了亮起的绿灯。雷锋网即便是用人眼来看，如果不仔细看，你也会以为那气球是亮起的红灯。谁会想到这种情况？如果任何人突发奇想提出，如果这种情况发生我们该怎么办，大家一定会觉得这人有妄想症。但在现实世界中，这就是发生了。

即便在对环境进行了一定控制、导致多样性有限的挑战赛，可能发生的匪夷所思的事仍然非常多。每个团队成员都有预料之外的情况导致系统宕机的故事。

这是我参于挑战赛学到的一大东西。

期间有哪些具有特殊意义的时刻？

在项目早期时候，我、Mike Montemerlo 以及另外两个人开着 Stanley。当时车开得很快，大约每小时 25 英里，在那种崎岖不平、刚下过雨的非铺装沙漠路是相当快了。当时车子在自动驾驶模式，Mike 坐在驾驶位，随时准备接管。车刚冲下一座山头，由于前一天天下过雨，小山头底部的视线盲区有一洼大泥塘，我们完全没看到，传感器也看不到，车直接开了上去。溅起的泥巴完全糊住了挡风玻璃，我们什么都看不见。这种情况下，最理想的事是停下车。但是我们每个人都只是尖叫。一直到车开出去大约两三百米，才有人反应过来打开雨刮，我们才能看见车外面。在这一刻，自动驾驶对我来说成为了现实——如果系统没能在这两三百米的距离正常工作，我们就没命了。



读懂智能&未来

是否可以认为，自动驾驶产业诞生于 DARPA 挑战赛？

毫无疑问，没有 DARPA 挑战赛，就没有自动驾驶车。这要归功于当时的 DARPA 负责人 Tony (雷锋网注：Anthony J. Tether)。某种程度上，斯坦福团队表现的很好，也做出了一定贡献。但主要还是 DARPA——这就好比是做 VC，如果投资的初创公司项目太激进，成功的机会渺茫。但如果不够激进，可能投资了很多钱但最后做出的东西价值有限。对任何科技圈的投资人来说，投资项目应该刚好足够难，但又可行。Tony 意识到在有限程度上自动驾驶已经触手可及。你需要知道，在挑战赛之前，军队和大学已经在自动驾驶技术上花了数十亿美元，这并不是完全没有做过的事。军火商其

实只想着继续拿研究经费，对他们来说，成功实现自动驾驶并不是一个好事。

而大学的研究做得是算法或某个部件，而不是开发一整套自动驾驶系统。Tony 意识到在这个阶段，激励大家开发整套系统，比资助研究员发论文要重要得多。论文在早期的研究阶段非常重要。而 Tony 意识到“我们已经离自动驾驶很近了，再迈一大步，就能搞出一辆自动驾驶车，至少是准自动驾驶车。”

通过 DARPA，Tony 推动行业迈出了这“一大步”。第一届没有车队完成，第二届有六只。可以看出来，很多人通过比赛掌握了自动驾驶的基础，能让车靠自己行驶。而能否获胜，就取决于能否理解状况，在路况良好的地段加速超过别人。**雷锋网** 挑战赛之后，每个成绩优秀队伍的成员都多多少少跑去涉足了自动驾驶行业。

企业在挑战赛中的角色并不重要，是吗？

并不是。一家军队的大型合约供应商 Oshkosh 也参赛了（跑完比赛，获得第五名）。比赛对于它们的意义不一样。对大学而言，只是一点名气。获胜的两百万奖金捐给了斯坦福的计算机系。而对于 Oshkosh，这可能意味着更大的订单，向客户证明他们的技术实力。在最后，挑战赛的最大获益者或许可以认为是 Oshkosh。斯坦福赢了两百万，Oshkosh 的获益说不定十倍不止。

当时，DARPA 挑战赛是否让大家感到自动驾驶时代即将到来？已经将要应用落地？

我认为，DARPA 挑战赛中不存在这种情绪。我们能预见到这些技术被应用于特定场景，但我不认为任何人说过“自动驾驶汽车离我们只有十英尺了”。之后的城市挑战赛设立了许多目标，在那之前，大家并不是很确定这些是否能实现。而当城市挑战赛完成，更多现实问题才得以解决，比如检测“停车”交通标志、如何避让其他车辆。这时候，全自动驾驶汽车才不再显得那么遥远，各种设想才让人觉得合理。

即便这样，对于实现自动驾驶到底需要多久，各方观点非常不一致。谢尔盖·布林和拉里·佩奇到现场观看了城市挑战赛，他们非常感兴趣，或者说至少拉里·佩奇很感兴趣——赛前他就在斯坦福讨论过这场挑战赛。Sebastian Thrun 加入了谷歌，不久后创立 Google X。就我所知，那时候 Google X 只有一个项目，就是谷歌的自动驾驶泡泡车。很显然，拉里·佩奇和 Sebastian Thrun 都认为自动驾驶离我们不远了，但我没有（笑），因而我没有下海创业搞一家自动驾驶公司。我觉得，我们离真正意义上的自动驾驶远远算不上接近，这条路需要的时间很长，而我想做的是现在就能落地的东西。因此，我加入了 Applied Minds，后者的客户包括企业、政府和军队。在 Applied Minds，我们的工作内容更接近 2005 DARPA 挑战赛——当时非常重要的一项任务是帮助美军在阿富汗

检测 IED（自制爆炸装置）。由于高度危险，军队有很强烈的愿望把 IED 搜寻工作自动化。这一场景就和 2005 挑战赛十分类似——在战区，你只要不撞到东西就行了，没人在乎扫雷车是否遵守交通秩序。不撞到人、不撞坏自己、能沿着计划路线行驶，这个程度的自动驾驶已经足够在阿富汗战场派上用场。这是一项之前没人做过的工作，我对它非常感兴趣。

相比之下，乘用车的自动驾驶问题要难太多。今天，虽然大多数公司在某种程度上做得不错，但远远没到实现全自动驾驶的程度。

另外，在挑战赛之后，唯一做得比较多的是谷歌。丰田、本田、福特这些车厂在当时并没有动作，是在看到谷歌取得的突破之后才着手研究。

你在 Applied Minds 还做了什么？

我们开发了世界上最早的完全基于 CV 的自动驾驶车之一（不确定是不是最早的那个），几年后市场上才出现更先进的算法。它并不是城市乘用车，但能够仅靠 CV 在户外环境巡航。在那时候很重要，当时激光雷达几万美元一只。

DARPA 之后，你有没有想过去开发自动驾驶乘用车？

我仍然在做自动驾驶工作，只是在 Applied Minds 做的场景不同。那之后，大量金钱涌入城市自动驾驶行业，但各家公司都没能达到

预期。我不认为我会想要在 DARPA 挑战赛之后到谷歌工作，花上十年开发没法用的东西。也许再坚持十年，或者更长，会等到技术派上用场。但我不确定这是一个好选择。

如果做的事太超前、加入的时机太早，很可能花了半辈子的时间在上面仍然没有进展。DARPA 挑战赛那时候，大量关键技术还是缺失的。我对深度学习给自动驾驶带来打开的新大门很兴奋，我不知道它是否是完整的答案，但对一些情形，比如小女孩拿着红气球，在深度学习之前，并没有实用的解决方法。

大多数车厂把全自动驾驶量产的时间点定在 2021 年或更早。你怎么看？



这就好比说到 2021 年我们会解决弦理论，我不知道对这类声明该如何解读。宣称“我们将尽力去实现”还差不多。等到 2021 年，自动驾驶量产了，他们会说“我们做到了”；没有量产，他们会说“我们还需要几年的时间”。这里面有太多的意外情形，就像美国政客的一句话 “Unknown Unknowns”。如果现在没有一辆完全安全的全自动驾驶，在 2021 年实现量产就绝对不可能。如果汽车制造商说 2021 年他们会开发出一辆原型车，然后再推进量产，“OK, maybe”。但 2021 年实现量产？这就是个玩笑。汽车制造商无法在四年的时间内完成任何东西。

在部署自动驾驶车方面，或许特斯拉会是个例外。他们的基础设施够雄厚，也提前计划了很久。但这过程中会有太多意外发现，单是解决这些问题的时间就够紧张，更何况设计、管理生产线。



特斯拉自动驾驶事故一年后，真相是什么？反思是什么？

作者：张伟

导语：特斯拉的自动驾驶系统并不是全自动驾驶技术，驾驶员仍然需要时刻保持专注。



雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾按：相信大家应该没有忘记去年5月7日发生在美国佛罗里达州的特斯拉自动驾驶致死事故。这一新兴技术的安全性问题在当时引发了广泛讨论，以至于后来特斯拉都不敢自诩自己的车是自动驾驶，而是“辅助驾驶”，当然也直接导致了其和Mobileye的合作破裂。

近日，美国国家交通安全委员会（NTSB）发布了针对该事故的最新调查结果。

在 NTSB 的报告中提到，该起车祸的可能原因在于进行转弯的卡车司机没有为直行的特斯拉 Model S 让路；其次，特斯拉车主也过于迷恋 Autopilot，没有保持足够的警惕，NTSB 成员 Christopher Hart 表示，特斯拉的自动驾驶功能让驾驶员们放松了警惕，所以他们才将注意力从驾驶汽车转移到了其他事情上，结果酿成了这起本来不该发生的事故；此外，因为特斯拉的自动驾驶功能的使用很多时候是有限定条件的，比如其自动转向功能只能在高速公路上使用，而车祸发生地却是普通道路，此前也有报道显示，那辆特斯拉 Model S 出事时时速是 74 英里，而事故发生的道路限速在时速 65 英里以内。

当然，特斯拉也要在一定程度上“背锅”，因为其 Autopilot 系统没有检测到前方要转弯的卡车，特别是交叉路口这种情况 Autopilot 系统难以进行处理。

雷锋网新智驾了解到，还有另一个无法确认的原因在于，卡车司机在车祸前吸食了大麻，但是没有证据表明这直接酿成了车祸。

Collision Animation



关于 NTSB 针对这起事故最详细的报告，可以由[此处查看](#)。

而在最终的结论方面，NTSB 则是“各打五十大板”。一方面，确实因为受害者在驾驶特斯拉汽车时没有在车祸前的几秒钟集中足够的注意力；另一方面，特斯拉的自动驾驶系统也没有足够可靠，没有成功检测到其他的车辆并且尽早向驾驶者发出警报。此外，在 NTSB 的报告中，卡车司机是有可能提前看到那辆特斯拉 Model S 的，但是谁也没办法判断那一刻的真实情况是如何的。

这起严重的事故也确实警醒了许多行业内车企、科技公司，当然也引起了交通相关部门的重视。NTSB 为此在本周二举行的听证会上通过了 7 项给自动驾驶相关公司、监管机构、协会的提议。

其中，有 3 条是针对特斯拉这样的车企，因为这些公司正在致力于将 L2 级别的自动驾驶汽车推向人类的日常出行，但是因为一些自动驾驶功能设计上的缺陷，其安全、稳定性还需要画上一个大大的

问号，所以建议不要过早将这样的车辆卖给消费者。而剩下的一些倡议则主要围绕车辆数据收集以及驾驶员是否需要时刻“在位”两方面提出。

针对 NTSB 的分析报告以及给出的提议，特斯拉官方也给出了回应，他们非常感谢 NTSB 详尽的事故分析，并且表示在继续精进技术的同时会充分采纳这些提议，当然也将继续向特斯拉现有用户以及潜在的用户传达一个观念：**特斯拉的自动驾驶系统并不是全自动驾驶技术，驾驶员仍然需要时刻保持专注。**

NTSB 给出的这些提议目前正在美国国家公路安全管理局（NHTSA）进行复审。尽管只有特斯拉成为了调查的重点对象，但 NTSB 也同样注意到了奥迪、宝马、英菲尼迪、奔驰以及沃尔沃等厂商，因为这些车企也推出了 L2 级别自动驾驶车辆。NTSB 认为，与自动驾驶相关的预警机制以及监控技术必须不断提升，让其不再被那些不负责任的驾驶者使用。

等到这些提议真的落到实处，也就意味着自动驾驶系统的安全防卫建立起来了。那时，数据安全更为标准化，部分自动化车辆的安全性也得以提升，便能保护所有交通参与者的生命安全。

师从李德毅、李克强，他亲历了中国无人驾驶十年变迁

作者：张伟

导语：作为一个已经在圈子里看过十数年变迁的“老人”，张新钰也在憧憬着无人驾驶的到来。



*前排左一为张新钰

1、

1997年，甘肃会宁青年张新钰选择进入清华大学汽车系学习。高考完的那年暑假，因为对汽车的迷恋，他还跟着父亲的货运车跑过运输、体验生活。

本科时期，张新钰主要学的是车辆系统工程，包括发动机、底盘、车身等，现任清华汽车系教授的李克强给他上过课。那时，他也能接触一些汽车和计算机结合起来的技术，比如车辆的远程控制。

本科毕业以后，决定留校的他选择了教育技术专业继续研究生的学业，学的是计算机应用。学成后，张新钰顺利留校工作，这一待就是8年。

漫长的时间里，国外研究无人驾驶的风潮传到了国内，张新钰回忆，那是在2008年的时候，国内无人驾驶热度开始提升，清华猛狮团队在李德毅院士的指导下开始研究无人驾驶微型车平台，进行相关技术的探索，还在一些国际比赛中收获奖项。

雷锋网



*无人驾驶微型车演示

同年，在中国工程院郑南宁和李德毅两位院士的倡导下，国家自然科学基金委员会通过重大研究计划“视听觉信息的认知计算”的立项，设立无人驾驶专项。当时，很多高校都从这笔经费中申请了一部分，开始组建无人驾驶研究团队，清华也在其列。

依托于无人驾驶专项，“中国智能车未来挑战赛”应运而生，首届比赛选在西安举办，吸引了国内外 7 所高校参与。而后的第二届同样在西安举办，第三、四届则移师内蒙古，分别在鄂尔多斯和赤峰举办。

张新钰向雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾表示，当时参赛高校团队打造的无人车，在整体架构上多少都参考了美国 DARPA 无人车挑战赛的车辆样式。包括应该用什么样的传感器，如何实现无人车的定位等。当然，因为激光雷达成本太高，一开始也并未启用相关的方案。因为诸多军事院校参与比赛，军用的雷达和惯导技术也逐渐被应用起来。

“当然，开始的时候大家都比较 low，跑起来的效果就是学徒的状态。”张新钰这样回忆最开始几届比赛时大家的表现。

2、

时间来到 2012 年，连续四届“中国智能车未来挑战赛”成功举办后，清华大学的团队还是没有收获理想成绩，所以决定再组建一支队伍，而这个任务便交到了张新钰手里。

当时，张新钰已经考取了清华大学计算机系的博士，拜入李德毅院士门下，而李院士一直在推动中国无人驾驶的研究和实践；加之张新钰还有在汽车系学习的经历，所以理应由他接下重担。

“我去负责事情最合适，也得到了李德毅院士和李克强教授的支持。”张新钰向雷锋网新智驾回忆。

组建团队成了张新钰的第一要务。后来，读来他把计算机系的赵建辉博士、殷嘉仑博士、薛崇博士和汽车系的许庆博士、谢国涛博士等凑到一起，成立了一个 7、8 人的团队，参与到智能车挑战赛中。



*清华猛狮团队

回忆起这些，张新钰很感慨，“我学汽车的时候永远也想不到，将来会转到计算机，又从计算机转汽车，**雷锋网**我觉得冥冥之中自有一种缘分。”当然，也因为无人驾驶技术的发展，汽车和计算机的结合越来越紧密。

张新钰表示，当时的无人车需要进行改装，都是自己来改。在李德毅院士的倡导下，军事交通学院牵头改车、改架构，车上搭载的算法都是自己来写，包括其中的雷达、视觉以及 GPS 数据都是自己开发代码进行处理。

最开始的时候，参赛车队基本都是利用图像传感器实现一些无人驾驶的功能，用不起激光雷达。后来，因为算法和技术的进步，多种传感器配合使用的方案逐渐占据了主流，激光雷达、视觉、惯导和

GPS 开始配合起来使用。那个时候，包括 Sick、Ibeo 以及 Velodyne 的激光雷达，他们都有尝试，在线数的选择上也比较考虑性价比，比如 Velodyne 的十六线和 Ibeo 的四线。

2013 年，“中国智能车未来挑战赛”移师常熟，清华猛狮团队参加了常熟的第一届赛事。张新钰记得，为了图像的事情，他特意提前去到常熟，在比赛的道路上进行测试，采集一些道路数据，包括红绿灯和交通标志物等。他表示，“其实当时最难就是红绿灯，因为比赛过程中，其他的障碍雷达都可以处理，但是红绿灯是雷达处理不了的。”当时团队也有专门的成员负责激光雷达的相关算法和效果实现。

去常熟参加第一届比赛的时候， 张新钰在赛前测试时还出过一次事故。比赛前一天晚上两点，他坐在无人车的驾驶位上，突然车上的刹车踩不下去（后来总结原因在于车辆制动是拉线式的），结果智能车直接冲向路旁的一棵树上，车头严重损坏，这吓坏了张新钰。事故后，团队立即组织修理，最终花了半天时间将车修好，勉强可以参加比赛。那次比赛，环湖路他们拿下第二名，而城市道路则获得第五名。



*赛前的意外事故

当然，打造一辆参加比赛的无人驾驶汽车，其过程无疑是艰难的。



张新钰回忆，他们团队会设计好整体的无人车方案，转向则找相关的供应商合作，油门的改造是自己来做，因为团队有相关经验。最难的是制动，当时成熟的方案很少，好在有李德毅院士智能车联合团队的军事交通学院提供了实现相关功能的制动阀门。

李德毅院士很早就提出智能车联合团队技术共享，组建机械、电子、图像、雷达和测试各小组，小组成员可以从各个团队择优选拔，组成一个 30 人左右的团队，按照李院士“模块化架构、柔性化配置、AB 角编程；矩阵式组织、交叉式验证、常态化试验；离线调程序、在线调参数；递进调模块、增量调智商；多握手少招手”的指导思想，大家相互学习，探索无人驾驶技术。事实上，这些参与比

赛的高校平常也会进行交流以及联合测试，车队之间互相进行学习。

一开始，张新钰团队面临着经费不足的情况，各类传感器只能想方设法东借西凑。激光雷达凑钱买，惯导从武汉大学那边借，当时后者正在进行相关的研究，李德毅院士出面协调，100 多万的惯导装备拿出来测试，当时比较偏军用一些。这些惯导后来也进行了产品化。

2013 年，张新钰团队基于现代 ix35 进行改装，将其打造成可以参赛的无人车，不过因为那是一台外加装车辆，跑起来效果不是很好。2015 年，智能车联合课题组发起人李德毅院士和清华大学汽车系主任、睿骋线控车设计者李克强教授一拍即合，采用长安睿骋线控车参加比赛，长安汽车为清华猛狮团队提供了一台可改装车辆，还开放了一些底层的控制接口。长安和清华汽车系李克强教授都很有渊源，所以关系非常好。

为了比赛，他们迅速改装好无人车，代码现成的，底层硬件也有，而且长安开放了接口。差不多花了一周时间，他们就把车辆改装好了。那一年，张新钰团队目标是第一名，但是不幸的是，车辆在比赛中爆了胎，葬送好局，在 20 个车队中完成时间排序第二，综合成绩排名第四。

其实长安当时也在进行无人驾驶汽车的研究，还拉来了智行者团队以及博世的工程师一起，进行无人驾驶汽车的改装，这也就有了后来长安 2000 公里无人驾驶路测的事情。

3、

在不断的科研和参赛过程中，清华猛狮团队也参与到很多合作项目里，对象包括长安、百度、奇瑞以及宇通。当然，之所以能建立起合作关系，其实是仰赖于李德毅院士及李克强教授和业界的联系。

比如和百度无人车团队很早就有沟通，当时负责百度无人车的倪凯就是清华大学计算机系毕业，和李德毅院士关系很密切。包括后来加入百度的彭军、楼天成，也是清华计算机系毕业的，此后他们离职创办了 Pony.ai。

清华猛狮团队与百度的合作也有一些渊源。他们曾在百度组建自己的无人车团队时提供了一些帮助，也包括人才支持。后来，清华猛狮团队还为百度-奇瑞无人车做过底层的改造。如今的百度无人驾驶资金充足、资源丰富，越做越大，这是企业本身的优势。

张新钰记得，当时和百度合作，他们要测试改装车辆的制动。百度方面要求车辆制动的控制周期做到 10ms 一次，而通常只需要 100ms 即可。当然这是从车辆本身来看，我们觉得这样的要求太苛刻了。张新钰觉得，从这很小的细节上就知道，百度对无人驾驶的

理解还是从计算机的角度去理解的，而对于车辆的底层控制部分还不是特别理解。“无人驾驶不仅仅是智能系统，更重要的是对车的理解”，张新钰说。

早期的百度选择与车企进行合作，包括宝马、长安和奇瑞。如今，百度开放了其自动驾驶平台，推行 Apollo 计划，努力寻找合作伙伴，其实就是为了能掌握更多的主导权。张新钰觉得，未来，百度应该会尝试控制一家车企，来巩固自己在无人驾驶领域的地位。

2015 年，清华猛狮团队和宇通合作打造的自动驾驶巴士在郑开高速成功完成测试造成了很大的影响。在和宇通的合作中，张新钰也得出了一些商用车无人驾驶的心得。张新钰认为，巴士和卡车还不太一样，巴士的路线是固定的，环境也相对简单一些。卡车其实在中国的道路环境实现起来很难，不但车多，不守规矩的驾驶者也会相对更多一些。

和宇通的合作发展到今天，张新钰团队开始和宇通推进 BRT 的合作，因为推行无人驾驶快速公交，会更为简单一些。

当然，张新钰的团队还参与 2016 年京东无人车的合作项目，基于无人驾驶的经验，研发了国内首辆无人驾驶配送车，并在 2016 年 11 月 11 日的双十一活动中进行了展示。

4、

在一届又一届无人车的比赛过程中，张新钰身边的很多同仁选择加入企业或是自主创业，展开和无人车相关的工作。比如北京理工大学车队的姜岩后来去了驭势科技，张新钰团队中也有几个人去往百度，其中就包括张天雷。张天雷后来离开百度，创办主线科技，目前公司仍然处在保密状态。

此外，在李克强团队的张德兆也出来创业，创办了智行者。当然，张新钰团队中的成员有一些也出来做无人驾驶的小车，主要是作为科研实验平台。

相比于这些走出校园，走向业界或者自主创业的同仁，张新钰还是更喜欢大学的环境。而且，他手头也有自己的科研项目，成家立业也成为他无法自由自在的因素。

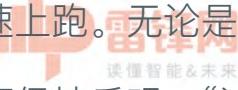
虽然张新钰没有选择出去创业，但是他表示，他在学校待着，可以整合资源去支持团队里出去创业的人。比如那些做无人驾驶小车科研平台的团队，后面也会做稍微大一点的平台，提供给无人驾驶公司。

如今，张新钰参与讲授人工智能的课程，同时从事无人车相关的科研。

无人驾驶研究内容有很多，核心还是无人车的感知、认知和决策，张新钰团队同时在研究传感器数据的融合，包括雷达数据和图像数据等。而且，也在尝试用深度学习的方法来做感知。此外，还有定位技术，主要集中在传感器的融合定位方面。

5、

在无人驾驶的圈子辗转这么多年，历经了学界和业界所发生的变化，张新钰感触很深。

变化很明显，从 2009 年开始大家拳打脚踢，再加上无人驾驶刚刚开始以视觉为主，从纯粹的视觉检测、做一些简单的无人驾驶，到现在已经可以在园区、高速上跑。悟空智库
读 懂 智 能 & 未 来 无论是业界还是国家层面，对无人驾驶越来越重视。张新钰保持乐观，“这个没什么可以犹豫的，尤其是奥迪 A8 的 L3 级别的出现，会大大地加速国内车厂对无人驾驶技术的布局，从而促进 L4 和 L5 级别的无人驾驶加速，当然，我觉得 L5 级别的无人驾驶需要差不多 10 年时间，因为这个时候，技术也进步了，传感器的精度高了，价格也便宜了，你可以用不同的传感器进行冗余，基本上就可以解决大部分问题了。”

他很感激李德毅院士， he 觉得李德毅院士对于中国无人驾驶的发展起到了功勋作用。他一开始就支持无人驾驶的发展，“做到现在你看他带了多少团队， he 和清华、军交、联大、北航、同济好多大学都有合作，提供技术支持，我个人认为他对中国的无人驾驶绝对有贡

献，他可以被称为发源人”。清华猛狮也是李德毅院士智能车车队的一个重要成员。

李院士经过近十年在智能车领域的潜心研究，充分发挥团队在人工智能界和汽车界的跨界优势，融合创新，凝练出独到的智能驾驶技术成果——驾驶脑，申请发明专利近 20 项，并在现代 ix35、长城哈弗、长安睿骋、奇瑞 EQ、奇瑞瑞虎、北汽 C70、北汽 E70、北汽 E30、宇通客车等多款车型平台上进行了智能驾驶试验，培养了军交猛狮、清华猛狮、北航猛狮、联大京龙等一批优秀车队和行业人才。

当然，依然在学校工作的张新钰，也感受到了学术界和工业界的联系越来越紧密。



现在国家已经有很多重点项目的计划，针对无人驾驶的基础研究和关键技术进行支持。而且，还将业界的企业聚在一起进行交流、分享，共同推动中国无人驾驶的发展。当然，企业界也是大手笔投入无人驾驶研发，在竞争中合作，在合作中竞争，相互交融。

而张新钰，作为一个已经在圈子里看过十数年变迁的“老人”，也在憧憬着无人驾驶到来的那天。

Velodyne 发展史：看 34 岁的音响公司 如何引领自动驾驶革命

作者：大壮旅 编辑：易建成

导语：一家 34 岁的音响公司如何鬼使神差引领自动驾驶？



* Velodyne CEO David Hall

雷锋网新智驾按：David Hall 于 1983 年创立 Velodyne，当时这家公司是一家音响公司。进入新世纪后，Hall 开始在中国生产低音炮音响。此前在接受访谈时，Hall 表示自己是听到美国政府要资助研究人员研发自动驾驶汽车才选择回国。

Hall 通过数年的改进终于打造出一款 64 线旋转激光雷达，这台设备也成了 DARPA 挑战赛冠军队伍的最爱。此役之后，Velodyne 的命运被彻底改写。

现如今，激光雷达几乎成为汽车厂商、科技公司研发自动驾驶汽车的标配。Velodyne 表示公司预计将在“2018 年到 2019 年某个时间点进行 IPO”，但 Hall 的野心不止于此，他准备明年直接将激光雷达的年产量从几万台提升到至少 100 万台。为了实现这一目标，他要打算怎么做才能满足自动驾驶市场对激光雷达与日俱增的需求？

本文由雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾编译 *Forbes*，原文标题为：

 [How A 34-Year-Old Audio Equipment Company Is Leading The Self-Driving Car Revolution.](#)

输入密码后，David Hall 位于海滨别墅的电子门缓缓打开。这里虽然面积巨大，但绝对不是你想象中科技新贵们居住的豪宅模样，它只是美国湾区阿拉米达岛上一座破旧的房屋，就像一座用木头、金属和混凝土混搭出来的实验性建筑作品——这就是 Hall 最爱的“避难所”，他的许多杰作都在这里诞生。

不过，Hall 可不是一般的研究人员，他是揭开自动驾驶革命序幕的急先锋。今年 66 岁的 Hall 是激光雷达公司 Velodyne 的 CEO，他的公司负责为自动驾驶汽车提供“眼睛”。

这座破旧的房屋并没有挡住 Hall 和他的团队创新的脚步，在一个只有谷仓大小的车间里，他正和自己的工程团队打磨着自己最新的产品，这是一项能让船只在巨浪滔天的海上保持平衡的技术。

Marta 是 Hall 的妻子，也是 Velodyne 的商业开发负责人，她正在别墅里专门搭建的艺术工作室里绘画和雕刻。

这对夫妇平时开的那辆福特 F-150 皮卡停在一台笨重的起重机附近，而起重机的主要任务就是拖拽 Hall 平时居住的船屋。进入船屋的起居室，你就能听到运河的水流拍打着海岸，而这条沉睡的运河就是奥克兰和阿拉米达岛的天然分界线。

对 Hall 来说，这是个远离硅谷尘嚣的世外桃源。“我是个工程师。”有遁世情节的 Hall 说道。“不过从本质上讲，我也是个内向的书呆子。”

阴差阳错上了自动驾驶的“贼船”

2006 年，Hall 为自己的发明——台多光束旋转的激光雷达申请了专利，而正是这款产品阴差阳错的将 Velodyne 推到了这场搅乱汽车和科技行业革命的风暴中心。

Hall 研究激光雷达也是一时兴起。1983 年就成立的 Velodyne 此前是一家成功的专业音频设备生产商。不过，由于 Hall 的性格是喜欢折腾，喜欢创新，这家公司经常也会经常尝试新的东西。

Hall 无意间看到当时美国国防部资助的一项无人驾驶汽车比赛，他也就此陷了进去。通过数年的改进，Hall 终于打造出一款 64 线旋转激光雷达，这台设备也成了无人驾驶比赛冠军队伍的最爱。

卡耐基梅隆大学教授 William Whittaker 盛赞 Hall 的发明，称这款激光雷达是革命性产品。

这场无人驾驶比赛也就是著名的 DARPA 挑战赛。此役之后，Velodyne 的命运被彻底改写。它从一家小型家族企业变成了炙手可热的超级新创公司（34 岁的新创公司），Hall 手上的技术足以再造整个交通运输和机器人行业。

比赛结束的 10 年后，成为车用激光雷达的顶级供应商，它的产品几乎占据了全球各家科技巨头自动驾驶测试车的车顶。

通用、福特、Uber 和百度都是 Velodyne 激光雷达产品的大买家，就连重型机械公司卡特彼勒也在使用 Velodyne 的激光雷达开发体型庞大的自动驾驶矿车，而谷歌在研发出自有激光雷达前也一直是 Velodyne 的客户。

放眼整个业界，没有公司能像 Velodyne 一样满足市场不断增长的需求。

目标是年产百万台激光雷达

虽然满足客户需求的过程是一场艰苦的战斗，但谁都想在这场无人驾驶淘金热中得到像 Velodyne 这样完美的位置。

今年，Velodyne 营收将达 2 亿美元。下一步，Velodyne 的目标是冲击 10 亿美元销售额。



去年拿到百度和福特 1.5 亿美元的投资后，Velodyne 正在快速扩充产能。这笔钱是 Hall 拿到的第一笔外部投资。此前他唯一融到的钱是来自亲朋好友筹来的 20 万美元创业资金。现在的 Velodyne 并未公布公司估值，但福布斯认为这家公司估值已经达到 20 亿美元，成功晋身独角兽行列。

由于 Hall 占有公司股份 50% 以上，因此他的身价也突破 10 亿美元。Velodyne 总裁 Mike Jellen 表示公司预计将在“2018 年到 2019 年某个时间点进行 IPO”。

不过，Hall 的野心可不止于此，他准备明年直接将激光雷达的年产量从几万台提升到至少 100 万台。为了实现这一目标，他正在加紧改造 Velodyne 的圣何塞工厂。

这座工厂自动化程度颇高，可以大幅降低激光雷达成本，让竞争对手望尘莫及。其实这座工厂就是一座小号的特斯拉超级工厂，这里由机器来制造机器。不过，Hall 可能要抢先一步，因为特斯拉超级工厂恐怕 2019 年或 2020 年才能实现工厂自动化。



如果 Hall 明年真能得偿所愿，Velodyne 就能走在两项大变革的前列：学会自动驾驶的汽车和学会自动生产的工厂（还需要人类技术人员和程序员辅助）。

“我有这样一个目标，你的工厂能关了灯继续生产吗？我的工厂就准备实现这样的目标。”Hall 说道。



*圣何塞的 Velodyne 新工厂

虽然 Hall 正在成为一颗冉冉升起的科技巨星，但他依然保持着典型的工程师性格。

与被闪光灯包围的生活相比，他更愿意躲在实验室里敲敲打打。褪色的蓝色牛津衬衫、卡其裤和慢跑鞋才是他最舒服的装备。当话题转移到自己身上时，他总是简洁的说两句就转移话题。但一旦谈到产品，Hall 的眼神马上闪着光，就像上世纪 70 年代， he 为雷声公司和哈佛医学院打造产品时的神情一样。

不断尝鲜的创新极客

Hall 在康涅狄格州长大，他父亲是一位核电站工程师，他祖父是一位著名的物理学家。Hall 长到十几岁后，爷爷帮他搭建了第一个工作室。在这里，Hall 给一辆自行车装了发动机，还造出了吵得街坊四邻频频摇头的吉他扩音器。

上世纪 70 年代初，Hall 进入克利夫兰凯斯西储大学学习机械工程，毕业后他来到波士顿开了一家店，专门为科技公司、医学院和工厂制造零部件。

虽然这项工作乐趣十足且能发挥 Hall 的创造力，但只给别人打工的生活不是 Hall 想过的。因此他决定转向消费级产品，让人们用上自己的品牌。

“当我走在街上大声喊出自己的品牌，如果人听过或用过的话，我会非常开心。”Hall 回忆道。

进入 80 年代后，Hall 来到旧金山湾区，他计划进入音响市场，当时这一市场正在冉冉升起。“如果你当时逛过音响店就会发现，人们对于音频设备永不满足，他们一直在等待新产品的出现。”Hall 说道。

在家人的支持下，他果真做出了自己的音频专利产品，随后 Hall 将公司命名为 Velodyne，致敬自己深爱的自行车运动。Velodyne 的扬声器当时卖到 2000 到 5000 美元，但依然一路畅销。

随着公司业务的扩大，Hall 的兄弟 Bruce 也加入了 Velodyne。当时 Velodyne 的客户不但有湾区的体育明星，还有英国歌星罗比·威廉姆斯。不过，随着音频行业竞争加剧，价格战开始打响，Hall 不得不重新寻找新的突破口。

在市场上寻觅了一番后，Hall 做起了搏击机器人，当时电视上正在热播《机器人大擂台》这档节目。在 2001 年的总决赛中，Hall 的机器人屈居第二。不过，这样的比赛并不足以挖掘 Hall 的真正实力，DARPA 挑战赛的到来才是他真正崛起的时刻。

2002 年开始，Hall 尝试了多项技术，包括摄像头和激光，他甚至在 2004 和 2005 年亲自坐进车里体验了赛车比赛。在发现摄像头的局限性后，Hall 将目光转向了激光雷达。

借助 Hall 的激光雷达，Whittaker 的团队成功拿下 2007 年的比赛并带走了 200 万美元的奖金，而当时的谷歌无人车之父 Sebastian Thrun 则拿下了比赛的第二名，他的团队使用的也是 Velodyne 的激光雷达。

如果你熟悉自动驾驶行业，就会发现当下闪耀的巨星们都是 DARPA 挑战赛的老兵，而他们大多数都成了 Hall 的客户。

Velodyne 的总部设在圣何塞，不过公司的研发人员们其实都聚集在圣何塞北部 38 英里处的研发实验室中。在这里，计算机科学、电子工程、物理和光学领域的博士们齐聚一堂，探讨着如何让激光雷达性能再更上一层楼。

借助自动化工厂独霸市场

Velodyne 的激光雷达拥有 360 度视野，无论白天还是黑夜，车辆都能通过它“看到”半径 200 米内的物体。

去年，Velodyne 卖出了数千台激光雷达，今年 Hall 准备将销量提升到数万台，其中 16 线激光雷达价格为 8000 美元左右，而最贵的 64 线则售价为 8.5 万美元。

福特自动驾驶部门负责人 Jim McBride 表示：“市场上 Velodyne 几乎没有竞争对手，因为没人拥有它那样先进的技术。”

不过，后来者并未放弃追赶，Quanergy 融到了 9000 万美元的资金计划用于开发固态激光雷达。新创公司 Luminar 则声称自家激光雷达的探测范围和影像质量属于业内最佳。

今年，Velodyne 将推出新款 Velarray 固态雷达，它的任务就是在低端市场与其他对手进行“见红的肉搏战。”当然，Hall 还准备了探测距离更远的高端激光雷达来守护自己的领先地位。

眼下，Velodyne 的领先地位依然不可撼动，因为其他厂商都没找到量产的诀窍。如果技术公司不使用 Hall 的激光雷达，那么他们在市场上绝对找不到能足量供应激光雷达的第二家厂商了。简单来说，在量产激光雷达这个问题上，没有人比 Hall 更有经验了。

不过，在自动驾驶行业，也不是所有人都对激光雷达有信仰。硅谷“钢铁侠”特斯拉 CEO Elon Musk 就是其中之一，特斯拉更倾向于使用摄像头、雷达和超声波结合的系统，Musk 认为这套系统的感应能力已经绰绰有余。



当然，没有特斯拉，自动驾驶的市场还会继续运转，现在路面上奔跑的数千辆自动驾驶测试车大多数都使用 Velodyne 的产品。不过，这些车辆到底何时才能交付到用户手中谁也说不清楚。

IHS Markit 认为，到 2025 年自动驾驶汽车销量将攀升至 60 万辆左右，随后年均增幅至少在 43% 以上。这也就意味着，到 2035 年，路上奔驰的自动驾驶汽车将达 7600 万辆。Velodyne 总裁 Mike Jellen 说，Velodyne 的预测是，这一领域在未来几年每年至少有 300% 的增长。

这样巨大的市场恐怕谁都会心动，尽管 Velodyne 目前有 530 名员工，但 Hall 仍然希望抓紧时间改造工厂。今年早些时候，Velodyne 的圣何塞工厂正式启用，在生产线工作的工人约为 200 人。不过，18 个月后，也许他们就会被机器人替代，而机器人工厂的细节现在还是 Hall 心中的秘密。

“想年产百万台激光雷达，工厂不自动化生产是不可能的。”Hall 说道。“与营销相比，我认为自动化工厂有趣多了。”



自动驾驶的“最强大脑”：NVIDIA Drive PX 到 Xavier 的演进

作者：吴德新

导语：Drive PX 是 NVIDIA 专门针对自动驾驶的产品线，Xavier 又是 Drive PX 家族中最高阶的计算机。

Drive PX 是 NVIDIA 专门针对自动驾驶的产品线，Xavier 又是 Drive PX 家族中最高阶的计算机。

Xavier 最早于 2016 年 GTC Europe 上被公开，到 2017 年 CES 上黄仁勋第一次对外展示了 Xavier 的样机，而在刚刚落幕的硅谷 GTC 上，官方又展示了从 Drive PX2 到 Xavier，从端到云的完整自动驾驶计算平台规划。

NVIDIA Drive PX 是在移动芯片 Tegra 家族的基础上搭建起来的。

Tegra 在一开始就提供了传统车载计算平台所不具备的高性能和高能效，因而为辅助驾驶和自动驾驶的开发提供了可能，而经过从 Maxwell – Pascal – Volta 三代架构和工艺的优化，Drive PX 系列在针对深度学习的训练和推理上日益精进。加上与全球各地技术团队、Tier 1 以及车企的自动驾驶开发实践，NVIDIA 在初代 Drive PX 的基础上又形成了一套从传感器融合、高精地图的生成和定位、司机行为检测、驾驶态势感知在内的一系列软硬件配置方案。

可以说到 GTC 2017，NVIDIA 真正完成了自动驾驶计算平台的完整布局，它与 ZF、Bosch 深度绑定，并且与 Tesla 和 Audi 有了明确量产自动驾驶汽车的时间线。对外，NVIDIA 用了 2 年时间从一家提供图形计算芯片的公司变成目前推动自动驾驶商业化链条中最重要的公司。

在移动芯片 Tegra 基础上搭建的自动驾驶超级计算机

2015 年 CES 上，NVIDIA 一下子发布了 2 款车载计算机：用于自动驾驶开发的 Drive PX 和用于数字化座舱开发的 Drive CX。

NVIDIA 对这两款产品的设想是，借助 Drive PX，汽车可以运用深度学习和计算机视觉形成对环境的感知理解，从而实现自动巡航、自动泊车这样的功能；而 Drive CX 除了支撑车载信息系统需要的图形计算外，还会通过对车内和车身周围 360 度影像的处理提供导航和驾驶行为检测。

值得注意的是 Drive PX 和 Drive CX 的内核都是基于 Maxwell 架构的 Tegra X1 SoC（Drive CX 还有一个可选配置是 Tegra K1 SoC）。初代 Drive PX 集成了 2 颗 Tegra X1，最高能支持 12 路高清图像输入，每秒最高能处理 13 亿颗像素点，而 Drive CX 则是整合了一颗 Tegra X1/K1，最高能驱动多个屏幕上总计 1680 万像素点。

实际上，Tegra 家族被应用到车载系统已经由来已久。Tesla Model S 和 Model X 上的中控大屏都是 Tegra SoC 驱动的，而 Audi 2012 年就宣布将采用 Tegra 3 作为车载信息娱乐系统和数字仪表的中央处理器并陆续部署到了后来旗下的全系车型内。

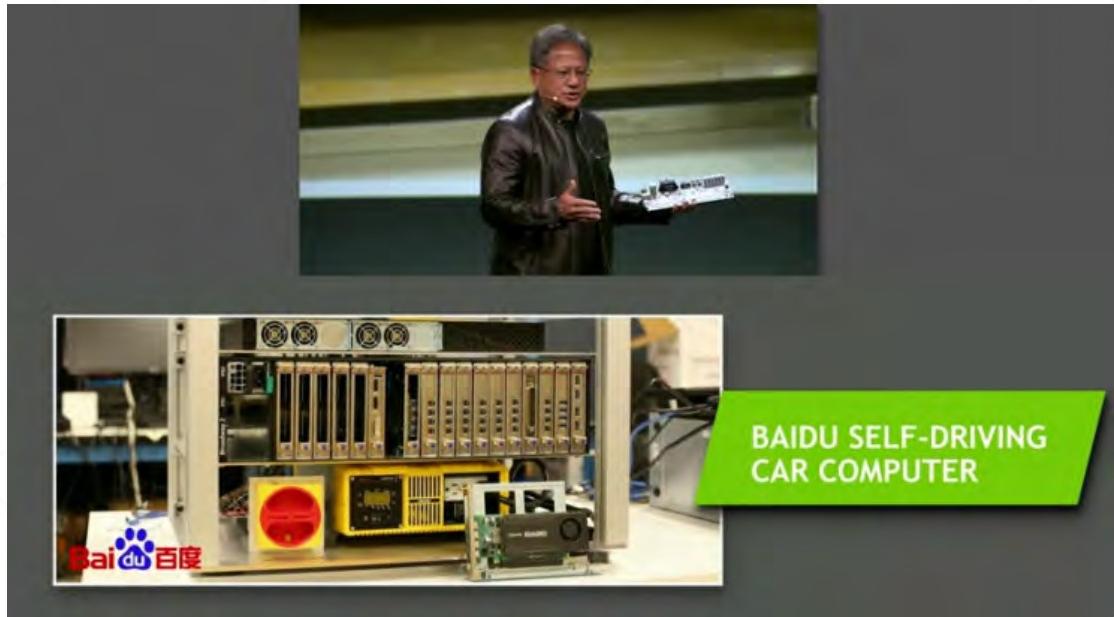
Tegra SoC 让 NVIDIA 很早就进入了 Tesla、Audi、BMW、BENZ 等一批顶级车企的供应商体系，而从 Tegra 开始 NVIDIA 也建立了符合 ISO 26262 ASIL 汽车级安全标准的生产线。

相比于独立的 Tegra SoC，Drive PX 和 Drive CX 带来的变化则是 NVIDIA 希望通过系统集成的方式提供一站式的智能驾驶计算平台解决方案。



Drive PX2，从车载超级计算机到自动驾驶生态

“自动驾驶所需要的计算力，是过去任何一台计算机都没有达到过的。”黄仁勋后来在公开场合一遍遍重复讲道，这也是 Drive PX 系列追逐的方向。



2016 年，Drive PX2 VS. 百度无人车当时搭载的计算机

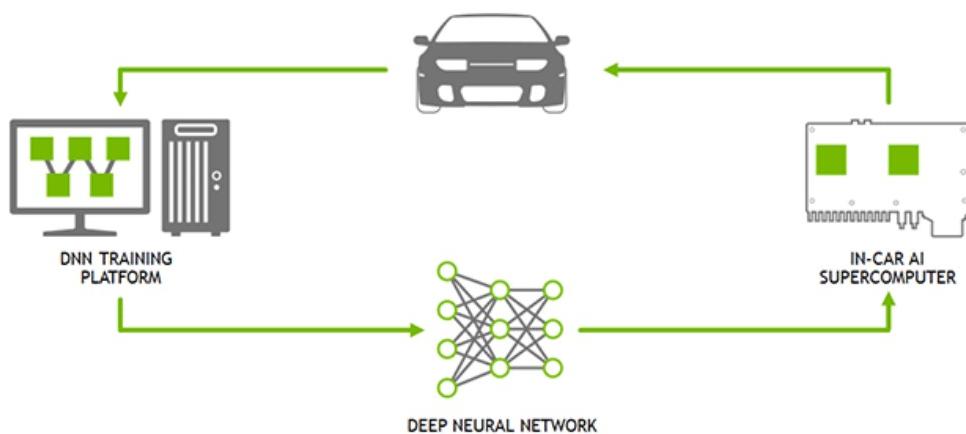
第二年的 CES 上，NVIDIA 发布了第二代自动驾驶超级计算机 Drive PX2。Drive PX2 的核心从上一代 Maxwell 架构的 Tegra X1 更新到 Pascal 架构的 Tegra Parker，整体性能从上一代的 2.3 teraflops (每秒万亿次浮点运算) 提升了至少十倍，达到 24 teraflops。

据雷锋网新智驾所知的数据，初代 Drive PX 大约吸引了 50 家左右的开发者，到 2016 年 8 月随着 Drive PX2 推出，这个数字变成了 80 多家，再到 2017 年 5 月开发者数量继续增加到 200 多家。大部分主流车企和 Tier 1 都在早期开始了 Drive PX 平台上的试验和开发，后期推动开发数量快速增长的更多的是中小型的技术公司。

在性能提升之外，Drive PX2 与初代产品最大的差异是 NVIDIA 跟车企、Tier 1 和技术公司们花了一年多时间搭建了一套完整的自动驾

驶技术架构 DriveWorks，一套从云端服务器和超级计算机进行大规模训练、在车载计算机上进行小型模型的训练和推理的硬件框架，一套包含物体/行人/车辆检测、高精地图生成、定位、路径规划等能力在内的软件参考解决方案/SDK。

END-TO-END DEEP LEARNING PLATFORM FOR SELF-DRIVING CARS



*云端+本地配合的深度神经网络训练平台

DRIVEWORKS SDK	DETECTION	LOCALIZATION	PLANNING	VISUALIZATION
	Detection/Classification	Map Localization	Vehicle Control	Streaming to cluster
	Sensor Fusion	HD-Map Interfacing	Scene understanding	ADAS rendering
	Segmentation	Egomotion (SFM, Visual Odometry)	Path Planning solvers	Debug Rendering
System SW	V4L/V4Q, CUDA , cuDNN, NPP, OpenGL, ...			
Hardware	Tegra , dGPU			
Sensors	Camera, LIDAR, Radar, GPS, Ultrasound, Odometry, Maps			

*NVIDIA DriveWorks 目前提供的 SDK

2016 – 2017 年，Drive PX2 也逐步分化成 3 个版本：

- Drive PX2 for AutoCruise, 搭载一颗 Tegra Parker, 主要支持高速公路自动驾驶和高精地图绘制的计算;
- Drive PX 2 for AutoChauffeur, 搭载 2 颗 Tegra Parker 和 2 颗独立的 Pascal 架构 GPU, 支持点到点的自动驾驶;
- Drive PX 2 for Fully Autonomous Driving, 由多套 Drive PX2 组成的计算矩阵。

这 3 个版本也说明，基于 Pascal 架构和 Tegra SoC 的 Drive PX2 是具有一定定制空间的。

2016 年 10 月中旬之后 Tesla 量产的每一台 Model S 和 Model X 都会搭载一块 Drive PX2, 这块 Drive PX2 也是两家一起定制的。

商业落地的一大步：ZF、Bosch 和 Delphi

2016 年 9 月的 GTC Europe 上，NVIDIA 对外公布了比 Drive PX2 更高阶的 Xavier，到次年 CES 黃仁勋展示了 Xavier 的样机。基于 Volta 架构的 Xavier 把“性能/功耗”做到了 1 terflops/watt。不过 Xavier 到 2017 年 Q4 才会向客户小批量提供样机。从黃仁勋最近的两次公开演讲看，Xavier 似乎还在持续改进（Xavier 最初公布的性能是 20 terflops/20 watt，到 GTC 2017 已经是 30 terflops/30 watt）。

黄仁勋在 BCW 2017 (Bosch Connect World) 上说“NVIDIA 今年会提供能够支撑 L3 自动驾驶的技术，到明年底将提供 L4 自动驾驶能力的技术”。前者指的就是稳定量产的基于 Drive PX2 的方案，而后者指的自然是 Xavier。

2017 年，NVIDIA 率先宣布与 ZF 合作量产基于 Drive PX2 的车载自动驾驶系统 ZF ProAI：

- 将基于 Drive PX2 AutoCruise 的配置，第一款产品叫做 ZF ProAI for highway automated driving（顾名思义，主要用于高速公路的自动巡航）；
- 支持摄像头、激光雷达、超声波传感器、雷达等多传感器融合，支持 V2X；
- 适用于乘用车、货车以及叉车等工业用车。

随后到今年 3 月份，NVIDIA 又联合 Bosch 推出 Bosch AI Car Computer：

- Bosch AI Car Computer 基于 Drive PX Xavier 设计和制造，将为 Level 4 的自动驾驶提供计算能力。

而在 ZF 和 Bosch 之前，还有一家 Tier 1 更早布局了基于 NVIDIA SoC 的自动驾驶计算机——Delphi。



2015年3月份，Audi对外公布了驾驶辅助中央控制器zFAS，zFAS正是基于NVIDIA Tegra K1 SoC，并且集成了Mobileye的视觉专用芯片EyeQ3。这一中央控制器也是Audi联合Delphi、NVIDIA、Mobileye以及TTTech一同开发的，其中NVIDIA和Mobileye分别提供计算平台的IP，TTTech负责车载以太网等联网解决方案，设计整合由Audi和Delphi完成，最后交由Delphi来生产。因为有了zFAS，Audi A8L目前也是“全球第一款量产的L3级别自动驾驶车型”最有力的竞争者。

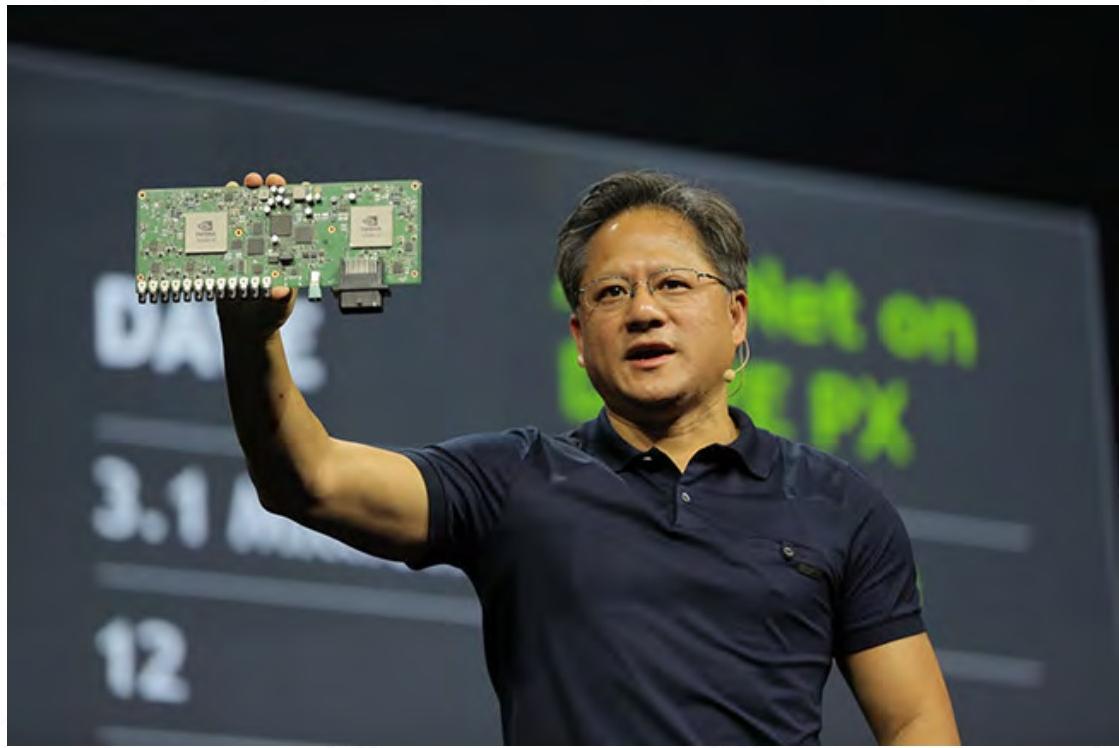
不过有意思的是，在准备zFAS量产的同时，Delphi和Mobileye还共同研发了一套中央感知定位规划自动驾驶系统（CSLP），这是一套面向OEM开放的turnkey的自动驾驶感知与计算解决方案，计划的量产时间是2019年。CSLP集成了Mobileye的EyeQ4/Q5以及REM系统，同时Delphi整合了收购Ottomatika之后积累的软件算法。CSLP在公布之初并没有明确会使用何种平台作为主要的计

算平台，不过在 CES 2017 上 Delphi 工程师告诉雷锋网(公众号：雷锋网)新智驾他们正在测试不同的 Intel 平台的处理器，晚些的信息也验证了 Delphi 将联合宝马、英特尔、Mobileye 共同研发量产高度自动驾驶解决方案，这是后话。

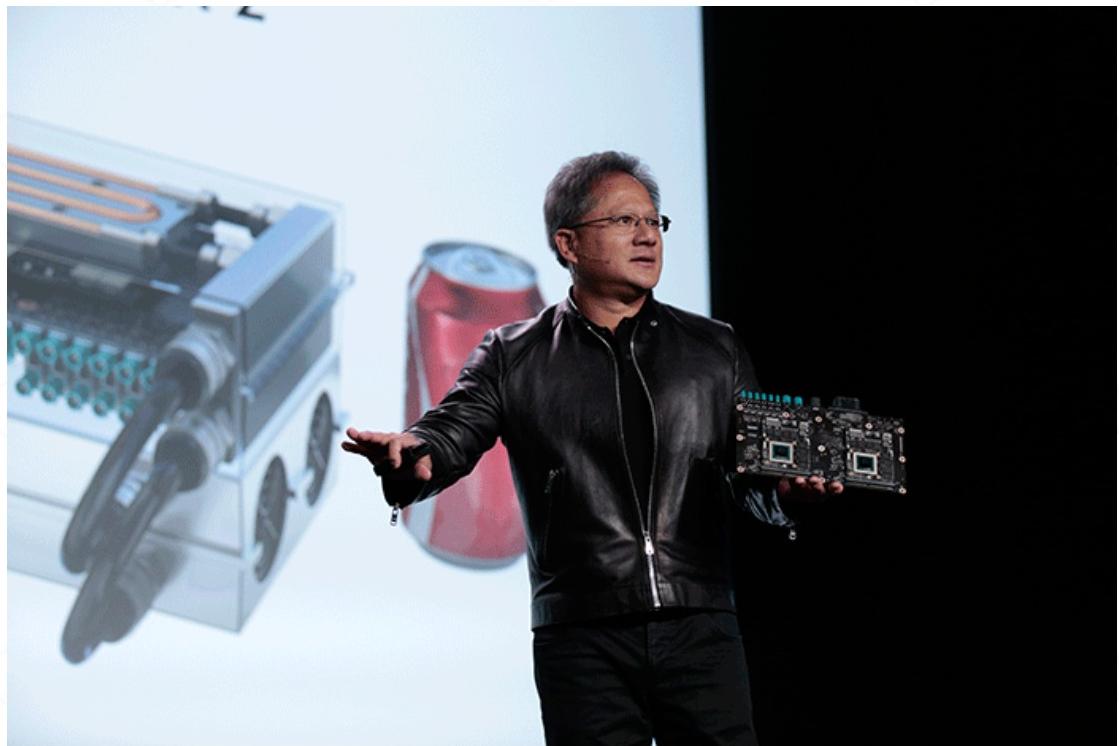
从 zFAS (Tegra K1 内核) 到 ZF ProAI 到 Bosch AI Car Computer，恰好是 NVIDIA Maxwell – Pascal – Volta 3 代架构的演进，也是初代 Drive PX 到 Xavier 的进阶之路。

NVIDIA 通过跟 Delphi、ZF、Bosch 的紧密开发合作，完整布局了各个级别自动驾驶所需要的计算平台，并且摸清了 OEM 和 Tier 1 在自动驾驶开发中所需要的工具和服务。作为一家计算平台提供商，NVIDIA 真正从一家汽车电子“局外人”变成了自动驾驶的“最强大脑”。

附上：从初代 Drive PX 到 Xavier 的工程之美



*初代 Drive PX



*Drive PX2 for AutoChauffeur



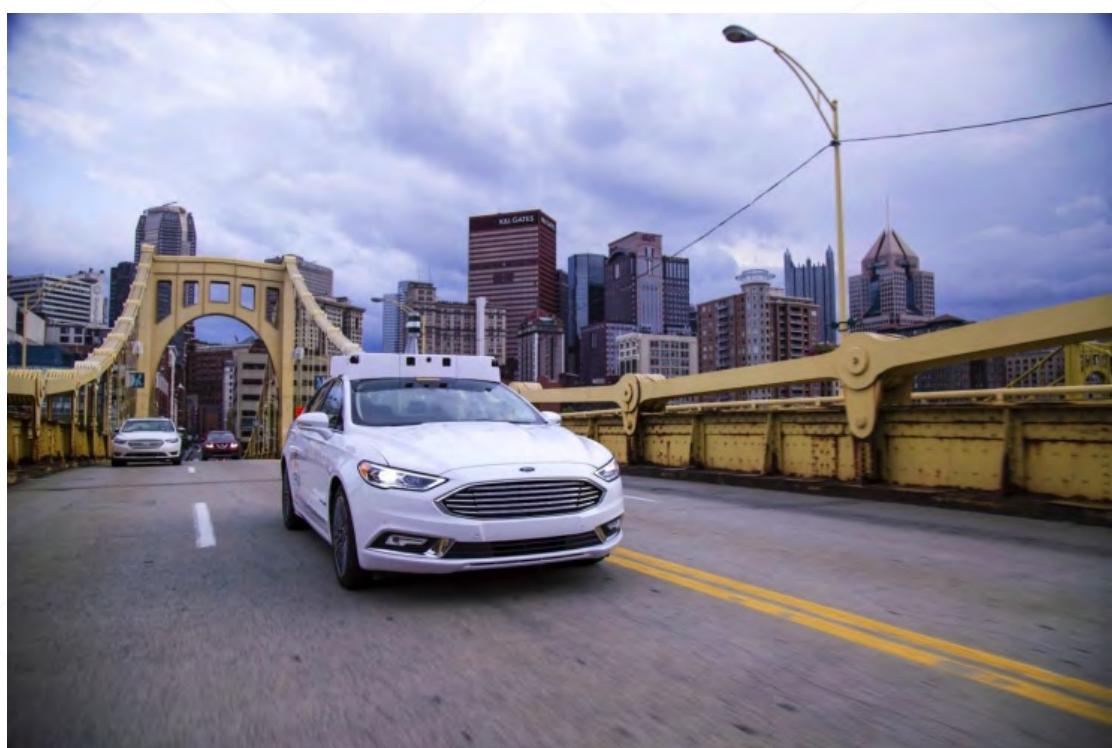
*Xavier

雷锋网
读懂智能&未来

Argo.AI CEO 撰文自述：DARPA 挑战 赛十年，自动驾驶还面临哪些挑战？

作者：张梦华

导语：“那些认为自动驾驶汽车在几年或几个月内就可以满大街跑的人，要么是对眼下的科技发展水平没有充分的认识，要么在技术的安全运用上没有周全的考虑。”



雷锋网(公众号：雷锋网)·新智驾按：如果没有福特 10 亿美元的大手笔投资，刚刚创办 1 年的 Argo.AI 可能不会在这么短时间内被行业熟知，并与 Waymo、Uber、Cruise 等公司并排出现在公众视野里。不止如此，在将 10 亿美元的投资陆续打入 Argo.AI 户头的

同时，福特更将其近百位工程师团队全部投向了 Argo。面对摩拳擦掌的竞争对手们，某种程度上，可以说，福特要在 2021 年落地自动驾驶打车服务，宝基本都押在了这个 200 来人的团队上。

Argo.AI 正在研发的是 L4 的自动驾驶技术，和硅谷许多自动驾驶明星公司一样，Argo 的团队阵容非常强大，CEO Bryan Salesky 最早曾任职于卡耐基梅隆机器人研究所下属的国家机器人工程中心，之后又在谷歌担任自动驾驶团队的硬件研发主管，联合创始人 Peter Rander 则出自 Uber 高级技术中心，主导开发了 Uber 第一代自动驾驶原型车。

近日，Bryan Salesky 亲自撰文，回忆了从 DARPA 城市挑战赛至今的自动驾驶 10 年历程，**雷锋网** 详细介绍了自动驾驶行业以及包括 Argo.AI 在内的自动驾驶公司们面临的繁重工作，以及身处的困境。虽然已经公布了 2021 年落地自动驾驶汽车的时间表，但 Salesky 对于自动驾驶全面推广开来的时间预期却相当保守，因为在在他看来，实现自动驾驶远比多数人想象得要复杂得多，困难得多。

本文由雷锋网·新智驾编译自 Argo.AI 官方博客。

10 年前的加州沙漠里，11 个进入决赛的车队在史无前例的 60 英里比赛中竞争。不足 6 小时里，在不时有人类驾驶汽车干扰的情况下，机器人汽车必须安全快速地完成无人干预的驾驶任务。

这是 2007 年的 DARPA 城市挑战赛，这场无人驾驶比赛无意中拉开了无人驾驶发展的序幕。在当时，无人驾驶仍被认为是天方夜谭，而现在回头看，这场比赛正预示着一场漫长旅程的开始。

通过小心管控范围，DARPA 保证了某种程度的成功：参赛者同意了一系列严苛的交通规则，DARPA 则限制了行人和骑行车辆，为参赛团队减轻了一些负担。不过，虽然做了这些简化，团队要完成的任务依然相当艰巨——在 18 个月里，他们基本是从头开始，开发出了自己的自动驾驶系统。

DARPA 挑战赛显出了自动驾驶对先进的计算能力和算法的强烈需求。当时，我们大部分都依赖于基于特定规则的编程技术，这意味着，10 年前的机器人系统更倾向于在限定场景里操作，在特定的道路环境里，操作者一般不会偏离既定规则太多。

Argo 的很多人都在机器人和自动驾驶领域从业超过 10 年，我们利用自己深厚的专业知识把这项技术呈现给大众，其中也包括在 DARPA 城市挑战赛中的所学。就在几个月前 Argo.AI 的一周年纪念日上，我们已经成为一个拥有 200 名成员的经验充足的团队，并已经在匹兹堡和密歇根州东南部进行了自动驾驶汽车测试。

我们面对的第一个挑战是自动化智能系统的软硬件商业化。在外部环境中，车辆、行人混杂，自动驾驶没有与其共同遵守的一整套规则，要执行起来非常困难。在夜晚和白天的真实场景里，恶劣天

气，不同的路形路况，都可能让情况变得更糟。机器人系统开发者需要先有一系列简化的基本设想，而环境的动态性为其带来了更多矛盾和变量。

过去几年里，部分由于计算能力的增强，这场游戏发生了很大变化，但也出现了一些复杂的新问题，我们目前仍然没有找到解决办法。计算机处理能力、存储能力和人工智能都进步了很多，不需要设置演示，计算机就可以推理出许多问题。我们可以进行海量的数据学习，以非常高的准确率识别图像，过滤传感器中的异常数据，找到最重要的核心因素。当我们拥抱这些变化时，我们也非常清楚，没有一个单个的工具、技术、算法能够解决自动驾驶的所有问题。下面就是我们对于自动驾驶汽车的一些思考。



感知世界

传感器还有很长的路要走。我们用了激光雷达，它在光照条件差时也可以较好地工作，理解车辆周围的三维世界，但不能识别颜色和质地，所以我们又使用了摄像头。摄像头在光线微弱的情况下功能非常受限，同时也很难在各种需要的操作范围内都达到足够的聚焦与分辨率。相对而言，雷达虽然分辨率较低，但是可以长距离识别行人速度。

这就是为什么我们在车上装了这么多传感器，他们可以实现优劣势互补。单个传感器不能完全复制他们捕捉到的东西，计算机必须综合多个传感器的数据，过滤出错误的和不一致的。将所有这些整合进一个综合强大的外部世界图像里，再进行计算处理，远比想象中困难。

开发一个性价比高、可维护的硬件系统挑战更大。我们尽量以最小的代价在传感器软硬件方面进行了创新，减少传感器计算，提高识别范围和分辨率。但如何达成这些互相冲突的目标，让技术更可靠地提升，仍然是非常重要的工作。

理解世界

一旦自动驾驶汽车有了“看见”周围世界的眼睛，下一步就取决于车辆自己了——识别物体类型，前方究竟是行人、骑行者、车辆，或

只是一个废弃物，以及物体是以什么样的速度在移动。之后，车辆还必须判断物体下一步可能的动作。

人工智能、机器学习、计算能力、云存储等各个方面的提升，更新了很多旧的算法，也催生了新的算法。这些新工具在开发新算法方面起了很大作用，它可以筛选出传感器每秒上传的数百万像素的信息，判断物体位置、尺寸与相对速度。

我们工作的一部分就是开发算法，通过传感器收集数百万英里的真实场景数据，再利用这些数据教算法探测道路上的其它物体，虽然嘈杂和错误的传感器数据也带来了很多困难。工具链和运营团队进行了数据流和开发过程的管理。



我们早期取得的一些成果非常厉害，我们也非常清楚，最棘手的永远是细节。

车辆预测

我们开车时，会下意识地预测接下来几秒内道路上其它行人、车辆的反应，预想行人或许会乱穿马路，车辆会突然加塞。细心的驾驶员都非常善于处理这类情况，控制速度，为道路上的异常突发事件提前做出规划。驾驶员所拥有的这种在拥挤城市道路上快速应变的能力，自动驾驶汽车同样应该具备。

我们必须开发一种算法，使自动驾驶汽车更深入理解道路参与者可能出现的行为。我们需要向技术灌输这种“体贴”意识，保证汽车安全、可靠、有预见性地行驶。

例如，车辆需要知道什么时候为大卡车挪出位置，进入另一个司机的盲区时应该调整速度。同时，我们还必须开发出一种算法，让车辆知道哪些时候它过于保守了，哪些时候需要在繁忙的交通中“推一下”，或者保持一种状态，让其它行人车辆先做出正确反应。计算机提取了所有信息，对它来说，不被扰乱学习错误模型非常重要，因为如果预估了一个错误行为，它本身的表现也会出现异常。

这是我们在建造预测模型时，必须实现的平衡。这种平衡也只能来自真实场景的驾驶案例。在这些案例中，我们可以学习预测微型演习，后者被证明是衡量道路其它车辆、行人或物体可能出现的反应的最主要指标。



系统集成和测试



驱动自动驾驶汽车的软件一般被称为随机系统，这意味着其结果取决于用于传感器随机输入的一系列探测图案和模型，而不是连续的一系列输入又输出的数学等式。

从同一条路上开车经过，你不太可能两次都准确地按一个速度行驶。自动驾驶汽车也是一样，虽然一般而言，它们的一贯性会比人类驾驶员好一些。

测试随机系统需要大量真实场景的数据，这意味着我们必须收集数百万英里的道路经验，才能教软件自信地驾驶。（想象一下一个人要驾驶数百万英里才能拿到驾照。）但不是所有里程都是在同等情况下建立的，因此“累积里程数”并不是一个具备足够表现力的追踪

进程的衡量标准。再想一下，你在一个僻静的小镇学习的驾驶技能，不可能转化成在曼哈顿中心地带的驾驶技能。

我们的算法通过复杂的数学与逻辑运算，将每秒数百万的像素转化成自动驾驶汽车所在的世界状况。考虑到这些高维度输入，我们就不能用单个可能的输入组合进行测试，因为这样的话，需要测试的组合数以万亿计，会非常难办，所以在使用测试汽车的驾驶里程时，我们需要找到更聪明的方式。我们创造了可以抓取正确里程的工具，这些里程充分覆盖了车辆可能看到的现实场景，之后我们再用这些测试车辆的正确反应。要达到这种平衡需要在目标部署区域里收集非常大量的驾驶经验和数据，而这个目标部署区域又必须尽可能覆盖各种复杂场景。我们也必须充分考虑各个场景里可能降低传感器输出的环境变量，例如天气和光照情况。

我们成立了专门的物流和测试团队，可以进行安全的自动驾驶汽车测试，另外我们还有一个专业分析和软件工程师团队，正在开发数据流管理工具，这些让我们在情景覆盖方面有了更多信心。

要开发出一辆自动驾驶汽车，我们今天仍然处于非常早期的阶段。那些认为自动驾驶汽车在几年或几个月内就可以满大街跑的人，要么是对眼下的科技发展水平没有充分的认识，要么在技术的安全运用上没有周全的考虑。对于我们这些在自动驾驶技术方面已经投入

很长时间的人来说，我们想要告诉你的是，这件事情非常困难，整个系统也非常非常复杂。

大家都知道，努力、创新、专注的团队可以解决很多难以想象的棘手问题。在 Argo，我们看到了这样一件激励人心的事所带来的挑战，也正是这些挑战驱动着我们利用前面 10 年的积累，迈向一个自动驾驶的全新时代。

我们正在采取一些较为实际的方法，在承认没有“银色子弹”的同时，充分结合目前科技的发展水平。身处这样一场漫长的游戏，我们尽量避免大肆宣传，而是希望以一种赢得全世界数百万人信赖的伟大产品的形式，将这项重要技术带向成熟。



Levandowski 沉浮史：投机取巧成了天才少年的不能承受之重（上）

作者：大壮旅

导语：眼见他起高楼，眼见他宴宾客，眼见他楼塌了。



雷锋网按：通过一辆未完成的自动驾驶摩托车，Anthony Levandowski 在 DARPA 举办的自动驾驶挑战赛上一战成名。年少成才的他被大家一致看好，甚至得到了谷歌无人车之父 Thrun 的潜心栽培。不过，喜欢耍小聪明搞投机取巧让他最终成了谷歌与 Uber 对薄公堂的导火索，未来甚至有可能身陷囹圄，彻底与自己的梦想说再见。本文由雷锋网编译自 Wired。

许多硅谷人坚信这个世界存在一个奇点，不久的将来当计算机在智力上超越人力，就会启动深不可测的反馈循环。

如果有朝一日那一天真的来了，想必 Anthony Levandowski 会坚定的站在机器人一方。2015 年 9 月，这位现在深陷于 Uber 与 Waymo 诉讼漩涡的天才工程师创立了一个宗教组织——“未来之路”(Way of the Future)。这个宗教组织目的很简单，就是要“在人工智能的基础上开发并促进神性的实现”。

作为一个非营利性的宗教组织，“未来之路”虽然还没有按规定向美国国税局报备，但从相关文档看，Levandowski 就是该组织的主席兼 CEO。“未来之路”递交的文档上则白纸黑字的写着，它的目标是“通过理解和膜拜上帝与神性，对社会的发展作出贡献”。

虽然全知全能的 AI 还只是个梦，但 Levandowski 已经开始借 AI 世俗的化身为这个世界做贡献了。

过去几年他参与研发的谷歌自动驾驶汽车已经在凤凰城拉着乘客往返于城市的各个目的地，而 Levandowski 的自动驾驶卡车更是拉着数万罐啤酒在高速公路上完成了首秀。此外，谷歌创始人 Larry Page 的 Kitty Hawk 飞行汽车也有 Levandowski 的心血。

同时推动三类产品的自动化，恐怕这样的伟绩在业内已无人可及，Levandowski 正在以自己独有的方式将人类社会带向奇点。也许很

快我们就能迎来一个全新的交通模式，人类从疲劳和危险的驾驶中解放出来，交通不再是城市的顽疾。

不过，在奇点到来之前，Levandowski 还是得直面现实，一场最终审判正在等他。

今年 2 月，Levandowski 的老东家 Waymo 将 Uber 告上了法庭。在诉状中，Waymo 称已经离职的 Levandowski 从公司带走了核心专利，他还以此为筹码在 Uber 谋求高位，此举严重侵犯了 Waymo 的合法权益。为此，Waymo 准备向 Uber 索要 19 亿美元的赔偿，而刚刚从谷歌分拆出来的 Waymo，估值也不过 45 亿美元而已。对于 Waymo 的指控，Uber 拒不承认。



下个月的世纪大审判将影响自动驾驶的未来，如果 Waymo 大获全胜，那么 Uber 商业模式的转变（从人类司机到自动驾驶）恐怕就要停一停了。但如果 Uber 得以全身而退，其他自动驾驶新创公司马上就会有了底气，它们将一拥而上“撕扯”业内的一大玩家。到时，被“平反”的 Levandowski 可能会再次下海创业（今年 5 月被 Uber 开除）继续自己的自动驾驶事业。

Levandowski 的事业发展相当顺遂，每次他取得突破，硅谷就会给予重奖，因此他不免会有些飘飘然。但现在的 Levandowski 坐在被告席上等待宣判，而整个科技行业都是见证者。

如果开发自动驾驶汽车的人成了大骗子，我们还能相信他亲手创造的“孩子”吗？

天赋秉异+勤奋让 Levandowski 年少成名

在硅谷的神话中，每个人都是天才，只要努力都能坐上 CEO 的高位。不过，Levandowski 的成功似乎更加理所当然。

Levandowski 生于比利时布鲁塞尔，他母亲是法国外交官，父亲则是美国商人。上世纪 90 年代中期，他父亲将他带到加州。在这里，遗传了父亲经商头脑的他一边向小伙伴兜售糖果，一边帮本地公司搭建网站。一位 Levandowski 的同班同学就回忆称，那个瘦削的孩子当年挣到钱后迫不及待的买了苹果牛顿给小伙伴展示。

在加大伯克利分校读本科时，Levandowski 在机器人上就显示出过人的才华。他设计了一台机器人玩具并通过该产品赚取了不少专利费。同时，他的网站业务也发展稳健，一年能给 Levandowski 带来 5 万美元进账。本科还没毕业，Levandowski 就在父母的帮助下在学校附近买了房。

Levandowski 让伯克利的机器人、自动化和新媒体教授 Ken Goldberg 感到无比骄傲。教授不但没说过他的坏话，还直言 Levandowski 是自己实验室最优秀的学生，当年的他不但精力充沛、天赋异禀，还非常具有创造力。2002 年时，Levandowski 还

成了 Goldberg 教授互动虚拟现实娱乐系统 Tele-Actor 的共同发明人。

就在这一年，Levandowski 的兴趣也发生了改变，他开始倾心于交通行业。一天，Levandowski 的母亲从布鲁塞尔打电话告诉他，美国国防部高级研究计划局（DARPA）将举办一场竞赛。随后他便一头扎了进去，而这场比赛就是 2004 年的自动驾驶挑战赛，一场引领交通行业迈向新世纪的“揭幕战”。

去年接受采访时，Levandowski 表示：“听到这个消息后我就清楚地知道，这就是未来，这是能在我内心深处引起共鸣的事业。虽然当时我还不知道其潜力如何，但我可以感觉到它会改变很多事情。”



读懂智能&未来

年轻的 Levandowski 说干就干，不过愿意接受挑战的他并没有走寻常路。“原本我想做自动驾驶叉车，但某天我驱车去伯克利时遇到雅马哈摩托车。当时我就改变了想法，做一款炫酷的‘恶灵骑士’多好，如果它比四轮车跑起来还稳，得是多么炫酷的一件事。”Levandowski 在 2005 年的一场比赛中回忆道。

“为了赶进度，Levandowski 恨不得每天工作 25 小时，每天他都比前一天晚睡一个小时。”Randy Miller 回忆，他是 Levandowski 的大学同学，当时两人在共同打造“恶灵骑士”。“毫无疑问，他是我见过最聪明、最刻苦且最无畏的人。”



*正在测试“恶灵骑士”的 Levandowski

不过，事情可没想象中顺利，Levandowski 的团队很快就耗光了手上的钱，他的“恶灵骑士”在加州里士满街道上测试时，一千英里共撞了 800 次。虽然“恶灵骑士”在自动驾驶挑战赛上颗粒无收，但其大胆的设计还是成了 Levandowski 炫耀的资本，这款摩托车后来进入了美国史密斯森博物馆。

“我并没有把自动驾驶挑战赛看成自己在机器人技术探索上的终点，它更像是一个新的开始。”Levandowski 2005 年接受采访时说道。“在这里各路人才共聚一堂，我们互相了解和交流，剔除了许多无用的想法。”

真正能让工程师们取得共识的就是：自动驾驶汽车必须得依靠激光雷达，在第一届挑战赛里由于这个重要设备的缺席，没有一辆车完赛。“在第二节比赛中，一位名为 Dave Hall 的工程师给车辆配备了激光雷达 a，虽然看似笨重但效果相当棒。因此我们也认识到，谁能用好激光谁就控制了未来。”Levandowski 说道。

从伯克利毕业后，Levandowski 进入 David Hall 旗下的 Velodyne 公司，当时这家公司的重心正在从销售扬声器转向制造激光雷达。

在这里，Levandowski 不但成了销售冠军，带领团队准备新一届自动驾驶挑战赛，还开始接触到激光雷达技术。在 2007 年的第三届自动驾驶挑战赛上（也是最后一届），6 支完赛车队里有 5 支都用了 Velodyne 的激光雷达。

在 Thrun 的扶持下快速上位

Levandowski 可不会永远待在 Velodyne，他的“恶灵骑士”摩托吸引了 Sebastian Thrun 的关注，这位带领自动驾驶赛车第一个完赛的斯坦福教授 2006 年时向 Levandowski 伸出了橄榄枝。来到新团队后他们开始共同推进 VueTool 项目。

2007 年年初，谷歌直接将 Thrun 和整个团队纳入麾下，当时团队成员每人都拿到了至少 100 万美元的奖金。



*Levandowski 的恶灵骑士团队

“其实收走 VueTool 团队主要是为了他们手中的技术。”一位熟悉当年细节的工程师说。有了新团队助力后，谷歌原本价值 25 万美元的街景摄像机换成了市面上能买到的全景摄像头，售价仅 1.5 万美元。2015 年 Thrun 回忆，“当时我们去了汽车门店，Levandowski 说我们要一次买 100 辆车，当时卖车的人都快吓傻了。”

在办公室里，Levandowski 也经常兴风作浪，他甚至要求工程师们别浪费时间与同事们闲聊。“Levandowski 也不是什么高管，但他一进来就霸气十足。”一位熟悉此事的工程师说。“虽然大家对他都颇有怨言，但没人敢发火。他好像非常擅长这样，就像个天生的领导者。”



在 Thrun 团队的努力下，谷歌街景车终于达到了谷歌创始人 Page 的要求，2007 年年底一共采集了 100 万英里的道路图像。不过，同年 10 月这 100 辆街景车全都歇菜，因为这些价值 1.5 万美元的全景摄像头对于雨雪冰冻等天气根本毫无防御能力。

Thrun 团队能心甘情愿让搜索巨头掏钱主要是因为它手上的秘密武器，谷歌工程师将其称为 Topcon 盒子（日本相机生产商拓普康）。它能将原始图片转换成数据流，还能直接在数据流里插入 GPS 坐标和其他传感器信息。不过，这个盒子其实并不是日本生产，而是来自一家名为 510 Systems 的硅谷新创公司。

而 510 Systems 的联合创始人之一是 Levandowski，这家公司在
他跟随团队并入谷歌前几周才正式成立。510 Systems 与此前的
“恶灵骑士”团队非常相似，主要成员都是伯克利的学生，而
Levandowski 的母亲则负责公司办公室的运营。Topcon 能拿到
510 Systems 的技术授权主要是因为它赞助了 Levandowski 的自
动驾驶摩托车。

谷歌的工程团队刚开始根本不知道 510 Systems 与 Levandowski
还有这样一层关系。不过，当谷歌开始从事航空测绘工作后，它发
现了这个秘密。不过由于产品体验不错，谷歌还是选择继续采购这
家公司的产品。

开始在谷歌眼皮子底下耍小聪明

Thrun 和 Levandowski 也是赶上了好时候，在用街景项目震撼了
Page 之后，Thrun 提出了更为大胆的计划，他们计划利用车辆、
飞机再加上印度 2000 多名制图师为全世界的街道绘制地图。

如果 Ground Truth 项目成功，谷歌就不用在运营地图时给其他公
司交昂贵的授权费，同时这还能成为安卓系统的一大卖点。

Levandowski 忙着在山景城和印度海德拉巴间飞来飞去，但即使这
样他还是和斯坦福计算机专家 Jesse Levinson 共同开发了一款在
线股票交易市场预测游戏。“他一直都急急忙忙，一英里的路一分钟

就像跑完，路上还得完成 10 个任务。”前 510 Systems 工程师 Ben Discoe 说。“他拥有工程师的热情，而这份热情会传染。”

Ground Truth 项目非常成功，效果比谷歌街景还好。于是 Page 授予 Thrun 特权，他愿意做什么项目都行。最终，Thrun 选择了自动驾驶汽车。

Project Chauffeur 项目于 2008 年正式开始，而 Levandowski 成为 Thrun 的左膀右臂。在新项目中，Levandowski 新公司 Anthony's Robots 再次扮演重要角色。

Levandowski 称这样的安排其实是搭建了一堵防火墙，一旦自动驾驶汽车在旧金山出了事故，至少谷歌的名声不会受到伤害。最重要的是，Thrun 和谷歌都点了头。

为了尽快让 Project Chauffeur 美梦成真，Levandowski 还专门找了在伯克利时认识的电影制作人朋友，他们借助发现频道的平台共同打造了一档自动驾驶汽车送披萨的节目给自家项目宣传。节目上的用车是丰田普锐斯，选择这款车主要是因为它有一套很容易“黑”掉的线控系统。

几周内，Levandowski 的团队就让这辆名为 Pribot 的在路上跑了起来。如果有人好奇问他们在干什么，Levandowski 会说自己在测试激光器，然后赶紧把车开走。

“那时候简直是西部世界，” Ben Discoe 回忆。“Anthony 和 Pierre-Yves 直接将算法导入那辆普锐斯，车在路上跌跌撞撞，经常会与其他车辆擦身而过，很多次还差点跑下公路。即使这样，他们开车回来时还是有说有笑。”

不过，在拍发现频道的节目时，Levandowski 可没这么野。他们专门封闭了道路，拍摄全程还有大量警察在现场。除了被一堵墙弄懵之外，这次递送披萨的任务完成的还算比较完美。“路上，我们也没少推车，磕磕碰碰就更别说了。”Levandowski 说。

另一个让 Levandowski 誓要攻克自动驾驶难关的原因源于一场事故。2010 年，Levandowski 的女朋友 Stefanie Olsen 遭遇严重车祸，当时她已经怀孕 9 个月。“我的第一个孩子 Alex 差点就没能见到这个世界。”Levandowski 2013 年在伯克利演讲时说。“传统交通费时费力，而且还时而会夺走人们的生命，如果你们能解决这一问题，绝对善莫大焉。”

在随后的几年里，Levandowski 逐渐成为 Project Chauffeur 的主心骨。510 Systems 帮谷歌打造了 5 辆自动驾驶汽车，它还顺带打造了自动驾驶拖拉机和便携式激光雷达系统。“Levandowski 精力充沛且眼光毒辣。”一位朋友说道。“跟他一起搞头脑风暴实在太享受了，我们一起规划了无数新鲜的愿景。”

不过，Levandowski 的旺盛精力也给他带来了不少麻烦。“他经常会有奇怪的念头，觉得机器人会统治世界，而且是用枪炮。”Levandowski 的朋友说。“不过，控制机器人的不是天网，而是 Levandowski 自己。他经常会提到自己想在一个小岛上成立新国家等奇怪的想法。最让人担忧的是，他总是有自己的秘密计划，你根本不可能发现他的秘密。”

2011 年年初，Levandowski 的秘密计划开始进行了。当时，公司工程师就在抱怨自己没拿到公司股票。为了安抚工程师们，Levandowski 称自己准备卖掉公司，挣到的钱中 2000 万美元会分给创始人，其他员工则能拿走省下的钱。“当时传说公司能卖到数亿美元，我们可能一下子就发财了。”一位工程师回忆。

不过，天真的工程师哪能斗得过 Levandowski，510 Systems 和 Anthony's Robots 确实都卖给了谷歌，但价签正正好好 2000 万美元，工程师们一分钱也分不到。此外，在公司卖给谷歌前，Levandowski 还解雇了一些员工。

2016 年，Levandowski 表示自己有些后悔，当时的事他没能处理好。此外，这笔交易还引起了谷歌工程师的愤怒，他们也为 Levandowski 的员工抱不平。

2000 万美元对 Levandowski 并不算多。因为法庭文件显示，Page 亲自首肯，如果 Project Chauffeur 取得成功，就能让

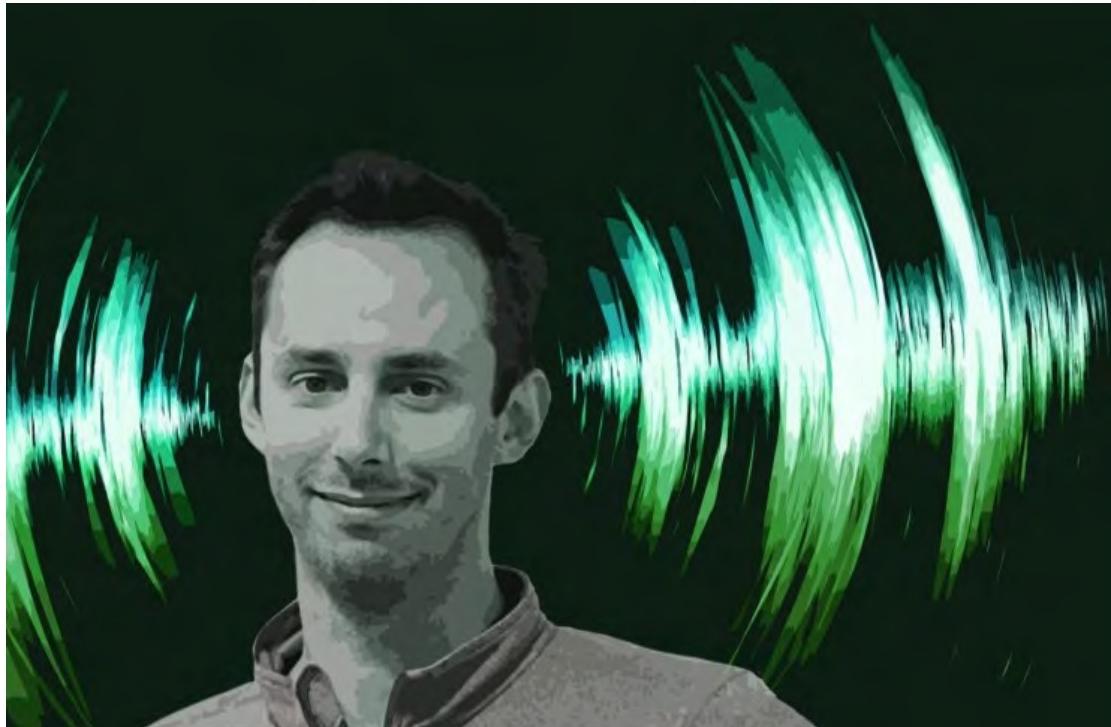
Levandowski 大富大贵。他不但能拿到股票期权，还有一笔奖金在等着他。



Levandowski 沉浮史：投机取巧成了天才少年的不能承受之重（下）

作者：大壮旅

导语：眼见他起高楼，眼见他宴宾客，眼见他楼塌了。



雷锋网按：通过一辆未完成的自动驾驶摩托车，Anthony Levandowski 在 DARPA 举办的自动驾驶挑战赛上一战成名。年少成才的他被大家一致看好，甚至得到了谷歌无人车之父 Thrun 的潜心栽培。不过，喜欢耍小聪明搞投机取巧让他最终成了谷歌与 Uber 对薄公堂的导火索，未来甚至有可能身陷囹圄，彻底与自己的梦想说再见。本文由雷锋网编译自 Wired。

没能扶正让 Levandowski 开始与谷歌同床异梦

2010 年《纽约时报》的一篇文章让 Project Chauffeur 大白于天下，从那以后谷歌就开始寻求路测的机会。

在法律相当完善和规范的加州，这样的机会确实不多，不过这可挡不住 Levandowski。2011 年的 CES 上，他与游说专家 David Goldwater 见了面。“他告诉我，公司的路测计划在加州很难实施，我提出谷歌可以找其他州，比如内华达。”Goldwater 说。

于是，在两人的努力下，谷歌拿到了在内华达路试牌照。2012 年 5 月，一辆自动驾驶版普锐斯完成拉斯维加斯到卡森城的自动驾驶测试，这可是全世界第一次。读懂智能&未来“在许多方面 Levandowski 都天赋异禀。”Goldwater 说。“他不但有战略头脑，还敢于承担风险，并且风险都在可控范围之内。”

不过，Levandowski 特立独行的风格让他在谷歌没少树敌。在与 Goldwater 一同解决内华达路试牌照后，他发现谷歌原来有专门负责政府关系的团队，这让 Levandowski 异常尴尬。

当然，这并不是最可怕的，最可怕的是老上司 Thrun 在 2012 年 5 月决定将精力转移到在线教育公司 Udacity 上，这样一来 Levandowski 在谷歌就失去了保护伞。由于 Thrun 的退出，Page 找到卡耐基梅隆的 Chris Urmson 执掌谷歌自动驾驶部门。在

Levandowski 看来，这个位置应该自己来最合适，因此他与 Urmson 关系变得相当紧张。

今年 7 月份出庭作证时，Page 证实了这一点，Urmson 与 Levandowski 一直在明争暗斗，这甚至成为谷歌管理层的心病之一。

时间转到 2013 年 7 月，Project Chauffeur 下属激光雷达团队的 Gaetan Pennecot 接到供应商打来的电话。原来，供应商发现一家名为 Odin Wave 的小型新创公司向其订购了一个关键零部件，而这个零部件与谷歌使用的激光雷达非常相似。

Pennecot 赶快将这个情况报给团队负责人 Pierre-Yves Droz，他也是 510 Systems 的创始人之一。Droz 调查后发现这家新创公司确实在做激光雷达，而负责该公司法律事务的正好是 510 Systems 的老律师。此外，这个公司成立的时间也疑点重重，因为那时 Levandowski 刚刚在谷歌失宠。



*Waymo 自动驾驶测试车“萤火虫”

随后 Droz 发现，这家 2012 年 8 月创立的公司不但有 Levandowski 的老律师，还与一家伯克利办公室有关，这家办公室的负责人正是 Levandowski 的朋友。

此外，公司的雇员也有许多是 Velodyne 和 510 Systems 的元老。消息显示，其中一位员工在被招进 Odin Wave 前还与 Levandowski 见了面。经查实，这家公司确实正在开发与 510 Systems 非常相似的激光雷达产品。不过，在这家公司的法律文件上，Levandowski 的名字始终没有出现。

Droz 还找到 Levandowski 当面对质，但后者否认自己与这家公司有关。“我很喜欢谷歌提供的这份工作，因此我不想因为 Levandowski 的这些破事丢掉饭碗。”Droz 上个月出庭作证时说。

2014 年时，Odin Wave 更名为 Tyto LiDAR。2015 年年初，Levandowski 开始向谷歌高层吹风，试图劝服公司收购 Tyto。不过，这次谷歌并不买账。对 Levandowski 来说，这是一次深深的伤害。“从那之后他就无心工作，Levandowski 把大量工作甩给了团队成员。”Droz 说。

“Levandowski 消极怠工让我也对这个项目丧失了信心，看来谷歌的自动驾驶汽车是注定要失败了。”Chris Urmson 在庭审时说道。



在与谷歌冷战的同时，Levandowski 已经开始秘密筹划自己的新项目，当时 Thrun 也正式回归自动驾驶行业。Page 和 Thrun 共同构想电动飞行出租车，于是就有了 Project Tiramisu（意大利语中“将我举起”的意思）。

出于对 Levandowski 的信任，Thrun 还是找他参与了 Tiramisu 的开发。在这里，Levandowski 担任的是“顾问”的角色。

Levandowski 每天傍晚会出现在车间里，他还帮忙测试了其中一款原型产品。Project Tiramisu 随后晋身成了 Kitty Hawk，即 Page 的私人电动飞行汽车公司，Thrun 在该公司任 CEO。

Waymo 在诉状中表示，在参与飞行汽车研发的过程中，Levandowski 就开始劝说谷歌的同事辞职并跟随他在自动驾驶行业做出一番新的成绩。Droz 证实了这一点，当时 Levandowski 告诉他，自己打造一家自动驾驶公司才是最好的选择。此外，在谈话中 Levandowski 还提到 Uber 对谷歌的激光雷达团队非常感兴趣。

Uber 2015 年年初才加入自动驾驶大战，它从卡耐基梅隆大学一次挖走了 50 名工程师，随后组建了先进技术中心。在 Uber 联合创始人 Kalanick 看来，自动驾驶技术是现有共享模式的最大威胁，而 Droz 也作证称 Levandowski 夏天就和 Uber 有过接洽（当时还没从谷歌离职）。

当 Urmson 获知 Levandowski 开始在公司内部挖人后，他给人力资源部发了一封邮件，其中写道“你们应该辞退 Levandowski”。虽然人力资源部门也做了一番调查，但最终并没有开除 Levandowski。

虽然 Levandowski 的计谋现在看起来很傻，但还是成功欺骗了谷歌，他迟迟不离职也有一个原因：等着谷歌的奖金。2015 年，谷歌开始要兑现 Project Chauffeur 项目的奖金，奖金数额与自动驾驶项目的估值有关。

外部咨询师认为，当时的自动驾驶部门价值 85 亿美元，因此最终谷歌拿出 45 亿美元当作奖金。虽然 Levandowski 遭到了降职处

分，但还是在 12 月份从谷歌捧走了 5000 万美元奖金，比排在第二位的 Urmson 几乎高了一倍（2800 万美元）。

机关算尽也难逃成为被告

2016 年 5 月，Otto 一战成名，它的自动驾驶半挂卡车拉着几万罐啤酒进行了首次自动驾驶远征。事实上，Levandowski 为这件事已经筹划多时。

Waymo 的诉状显示，Levandowski 和 Otto 团队在圣诞节和 2016 年第一周专门举办了招聘会。Waymo 称在招聘会上 Levandowski 还表示自己要“复制”Waymo 的技术。

一位 510 Systems 的老工程师参加了 Levandowski 家举办的烧烤聚会，在会上他可没少劝说自己的老部下和谷歌同事加入自己的新公司。“他想让所有 Waymo 的员工同时辞职，Levandowski 之前就曾因为这样的事辞退过员工。”这位工程师回忆。

2016 年 1 月 27 日，Levandowski 正式从谷歌辞职，此前他连点风声都没放出来过。仅仅几周后，他就草拟好协议准备将 Otto 卖给 Uber 。虽然 Levandowski 希望的 Waymo 员工集体辞职没能应验，但还是有几名谷歌员工跟他去了 Otto，还有许多人承诺几个月后也会辞职。不过即使这样，Otto 也没拿出什么像样的产品。

从谷歌出走后，Levandowski 又找了游说专家 David Goldwater 帮忙。“我跟 Levandowski 和他的团队做了几次头脑风暴。”Goldwater 接受采访时说道。“我们当时计划做个展示，证明 Levandowski 手里有大项目。”

原本，Levandowski 想在拉斯维加斯做自动驾驶穿梭车，但最终他还是选择了自动驾驶卡车。随着 Uber 收购的临近，他必须做出点成绩以争取一个好价码，而当时 Levandowski 还没拿到内华达州的测试牌照。在这一过程中，Levandowski 还顺带收购了前文提到的 Tyto Lidar。

那辆自动驾驶卡车还真管用，同年 8 月 Uber 就收购了 Otto。Kalanick 还钦点 Levandowski 出任 Uber 自动驾驶部门的主管，其业务涉及个人交通、物流和卡车等业务。此外，Uber 也想打造自己的飞行出租车，并命名为 Uber Elevate。在坐稳新位置之后，Levandowski 手下有一个超过 1500 人的庞大团队，他的电邮地址也改成了“robot@uber.com.”。



*Uber 自动驾驶测试车

在 Uber, Kalanick 替代 **Thrun** 的地位，成为 Levandowski 的灵魂伴侣和导师。从法庭上披露的两人短信来看，Levandowski 经常在深夜还在给 Kalanick 普及激光雷达知识，而后者则会传授给 Levandowski 一些管理经验。两人的短信中，Levandowski 还表达了共同“统治”世界的目标。

不过，Levandowski 心中美好的未来却眼看着就要坍塌了。

眼见他起高楼，眼见他宴宾客，眼见他楼塌了

去年 12 月，Uber 在旧金山推出了自动驾驶出租车测试项目，与当年 Otto 不拿牌照就上路一样，Uber 在加州也没有测试牌照，

但它依然我行我素，将测试车开上了街道，而且还被目击到闯红灯。

不过，Uber 的坏运气还没到头，谷歌思前想后觉得 Levandowski 的所作所为有些不对劲，于是在去年夏天发动了内部调查。谷歌发现 Levandowski 离职前从谷歌下载了约 10TB 的机密文档，其中许多就与激光雷达技术有关。

还是去年 12 月，一位 Waymo 员工无意转发了供应商的邮件，其内容包含了一张 Otto 电路板的图片，其设计与 Waymo 的激光雷达非常相像。



*Otto 自动驾驶卡车

不过，谷歌决定要和 Levandowski 决裂还是在一份文档曝光后。该文档是 Otto 递交给内华达政府的，文档称公司已经掌握“64 线激光雷达系统”的制造技术，而这项技术与 Waymo 的非常相像。

今年 2 月，Waymo 正式起诉 Uber（还包括 Otto 和多家与 Levandowski 有关的公司），称它侵犯了自家技术专利，涉嫌盗用商业机密。

对于 Waymo 的指控，Uber 马上予以否认，称自己是无辜的。Uber 认为没有证据能证明 Waymo 的技术文档流入了自己手里，因此 Uber 也无法使用这些技术。

在法庭上，Levandowski 拒绝回答 Waymo 律师提出的问题。即使是 Uber 的内部调查，Levandowski 也不愿好好配合。Uber 方面称，这也是其 5 月份开除 Levandowski 的原因。



被辞退的 Levandowski 未来即使找不到新雇主也没事，毕竟从 510 Systems 被谷歌收购到现在，他至少从搜索巨头赚了 1.2 亿美元。在大学同学帮助下，这些钱许多都被投到了房地产上。

一些 Levandowski 的朋友则对他吃了这样一桩官司感到惊奇，因为他们认为诉状中描述的 Levandowski 并不是他们认识的那个人。“为了实现自己的目标，Levandowski 确实会对知识产权问题有所放松。但我没想到他会像诉状中描述的那样。”Ben Discoe 说。

现在 Page 也对 Levandowski 彻底失望，他认为 Levandowski 在 Project Chauffeur 项目中根本不是定海神针。在作证时，他甚至表示 Levandowski 是整个项目的绊脚石。而在 Uber，也有员工认为 Levandowski 较差的管理能力阻碍了公司自动驾驶项目的发展。

在本案作出最终判决后，恐怕 Levandowski 一时也不会消停。今年 5 月份开始的“窃取商业机密”调查可能会将他送进监狱。

打造一个机器人辅助的新世界是 Levandowski 的终身奋斗目标，不过未来恐怕各种诉讼甚至牢狱之灾会打断他的梦想之路。

Randy Miller 表示：“这次事件会给 Levandowski 好好上一课，但恐怕不会彻底击垮他。对于自己的愿景 Levandowski 非常坚定，因此未来他还会回来的。”

510 Systems 的一位老员工也相信 Levandowski 会从残垣断壁中重新站起来。不过，这位员工也表示：“Levandowski 有野心、有愿景也有能力招募并驱动人才为自己所用。如果他能走对路，成为当代乔布斯或马斯克都没问题。但现在有一个问题是，他不知道什么时候该放弃自己的小聪明。”



Google 无人车之父、机器学习和 200 万奖金的 DARPA 挑战赛，自动驾驶时代是怎样开启的？

作者：大壮旅 编辑：吴德新

导语：在成为谷歌自动驾驶汽车之父前，Sebastian Thrun 还有过这样一段激情燃烧的岁月。

雷锋网 · 新智驾按：本文是 Wired 作者 Joshua Davis 于 2006 年对最早的两届 DARPA 无人车挑战赛的报道，雷锋网(公众号：雷锋网) · 新智驾 (公众号 AI-Drive) 编译。第一届 DARPA 无人车挑战赛始于 2004 年，官方设立了 100 万美金的奖金奖励当年能在莫哈维沙漠中率先跑完 150 英里全程的参赛车队，但当年没有一支车队完成。

次年，Sebastian Thrun 宣布参与 DARPA 挑战赛，在于卡耐基梅隆大学展开激烈角逐后，斯坦福车队拿到冠军。自此业界对于无人车自动驾驶的信心大增，而 DARPA 也由此成为启蒙自动驾驶行业的里程碑式的赛事。



参赛的途锐赛车

读懂智能&未来

一辆 2004 款的大众途锐猛地冲入尘土飞扬的莫哈维沙漠，它左冲右突，躲避着沙漠中的巨石，时速高达 56 千米/小时。这可不是什么巴吉卡车拉力赛，因为这辆车上坐着的都是科学家。其中，副驾驶上的 Sebastian Thrun 是斯坦福人工智能实验室历史上最年轻的领导人，而后座上飞快敲击代码的是斯坦福的博士后 Mike Montemerlo，与他一同待在后座还有密密麻麻的线缆。

最令人惊讶的是，Thrun 身旁的驾驶坐正处在“大撒把”的状态。准确来说，这辆途锐正处在无人驾驶中。听着车上的零部件和 重达 635 磅的各类传感器（雷达、摄像头、计算机和激光测距仪）叮当

作响，Thrun 下意识地紧了紧自己的安全带。他这一辈子造了无数机器人，但却从来没试过将自己的身家性命交到机器人手上。

Thrun 心里五味杂陈，他非常害怕且感到迷惑，不过最令他无法接受的是，自己精心设计的算法居然没有起作用。

突然，车辆方向盘向左急打了一把，这辆途锐眼看着就要掉沟里了。驾驶席上的程序员 David Stavens 赶紧抓住方向盘保住方向并猛踩刹车，而 Thrun 则马上按下一个硕大的红色按钮，切断电脑对车辆的控制。这辆狂奔的 SUV 终于停了下来。Thrun 松了一口气，尝试把刚刚的经历回忆成是一段愉快的旅程。

第一届 DARPA 自动驾驶挑战赛：一塌糊涂

这次要命的试车本不该这样。

2003 年时，美国国防部高级研究计划局（DARPA）曾斥巨资悬赏：谁能打造一辆能穿越 300 英里沙漠的自动驾驶汽车，谁就能拿走 100 万美金奖金。DARPA 将这次比赛命名为 Grand Challenge（意为重大挑战），今天来看，这一赛事的重要性堪比 1997 年卡斯帕罗夫大战深蓝电脑。

不过到了 2004 年 3 月的正式比赛那天，参赛车们却像一群发了疯的猛兽，一辆无人车为了躲避阴影直接冲下了赛道，而当天最重量级的参赛车——一辆 15 吨的大卡车却把低矮的灌木当成了巨

石，居然选择小心翼翼地绕了过去。最受到瞩目的是，来自卡耐基梅隆大学的团队，他们在自动驾驶技术上已经积累了超过 20 年，消耗了美国军方数百万美元的项目经费。最终，卡耐基梅隆大学的车辆在沙漠中跑了 7.4 英里后撞上路沿起火，比赛以所有车队“全军覆没”告终。

Thrun 在斯坦福观看了这场比赛的视频，他简直不敢相信自己所看到的场景，这简直是对整个机器人行业的羞辱。就在一年以前，他刚刚当上斯坦福 AI 实验室的主管。坐在空荡荡的办公室里，这位 36 岁的德国人决定做些什么，虽然他此前从未想过接触自动驾驶汽车。为了捍卫整个行业的声誉，Thrun 决定放手一搏。



*Thrun 早期参加 DARPA Grand Challenge 的团队（左二为 Thrun）

说干就干，Thrun 马上召集了一流专家组建了团队，此举也吸引了大众集团在帕罗奥多研究团队的注意，双方决定进行合作。不过，离第二届大赛只有 3 个月了，他们手上只有大众途锐 SUV 可不够，一些很基础的问题还没能得到解决呢。

Thrun 借着散步的机会进行着思考，时而还会踢踢路边的小石头。这是他凭借一己之力建立汽车行业新规则的好时机，但在当时他眼前只能看到难以跨越的大山和荆棘。

神童 Thrun

1979 年时，Thrun 就通过一款黑白游戏对车辆起了兴趣。当时的他才 12 岁，但却每天泡在德国汉诺威的一家酒吧里，而这里最吸引他的不是啤酒，而是那台投币游戏机。每天，Thrun 都会准时来这里报到，用自己的 20 芬尼（德国货币）零花钱买 3 条命玩赛车。虽然游戏很刺激，但却很费钱，Thrun 仔细研究了游戏画面后，决定自己在家中的老电脑上将其复刻出来。他将自己关在屋里，每天忙于在这台老电脑上编程。不过，这台老掉牙的北极星电脑主频只有 4 MHz，RAM 则为可怜的 16 Kbytes，但这位神奇小子还是成功在上面打造了一款赛车游戏。

虽然后来的 7 年中 Thrun 都没好好在校学习，甚至连作业都没写过，但毕业时成绩依然名列前茅。聪明的 Thrun 当时对自己的前途

有些迷茫，于是他在德国国防军度过了两年时光。不过，是金子总会发光的，1986年6月15日，部队领导告诉他可以光荣退役了，而这一天也是递交大学申请的最后截止日。他20分钟就跑到了招生处准备申请大学，Thrun飞快地扫了下可以申请的专业：法律、医药、工程和计算机科学。虽然他对计算机科学知之甚少，但少年时编程的记忆却让他对这门学科心生好感，于是他最终踏进这行。

Thrun之后的五年，可以说快速成为了计算机科学领域一颗冉冉升起的新星。拿下近乎完美的毕业成绩后，Thrun进入了波恩大学的研究所，在这里他发表篇论文中第一次提出了会自主学习的机器人概念。他还打造了一台能在疗养院里躲避障碍的机器人，在行进途中机器人还能提醒老人注意安全。此外，Thrun的机器人还一头钻进废弃的矿井，几小时后它就带着详细的内部地图回来了。

Thrun的优异研究成果引起了美国机器人专家的注意，卡耐基梅隆大学聘请他来校执教，当时的Thrun才31岁。不过，虽然少年得志，Thrun并没有找到自己最爱的研究领域。

自动驾驶汽车没少走弯路

Thrun进入卡耐基梅隆时，机器人行业最热门的项目就是自动驾驶汽车。当时，该领域的领军人物是德国国防军大学的航天技术教授Ernst Dickmanns，他喜欢将飞机70年代就实现自动驾驶的事儿

挂在嘴边。虽然这项技术已经被航空公司广泛接受，但却从来没人
在陆地上尝试过，Dickmanns 决定在该领域做出一番成绩。

在德国国防军和戴姆勒公司的支持下，他花 7 年时间改装了一辆奔
驰车，这辆车上除了摄像头，还有大量早期的英特尔处理器。1986
年 12 月，这辆测试车在奔驰的测试场加速到了 32 千米/小时并
成功完成了弯道测试。虽然这辆车已经被历史所遗忘，但在自动驾
驶汽车的发展史上，这绝对是与阿波罗登月同等重要的一步。

就是在这辆车的启发下，世界各国兴起了自动驾驶汽车研发热潮，
这一“热”就是十年。在美国，卡耐基梅隆大学成了推动自动驾驶研
发的主力。当时的研究人员普遍使用基于规则的系统，她们会列出
一些易于识别的物品并告诉汽车该作何反应。但不久之后，就出现
了两大主要问题，一是当时的处理能力不够，车载电脑很快就被大
量的数据拖垮，要想稳定行驶，车辆必须慢慢“蠕动”。此外，研发
团队在编程时无法覆盖所有车辆遇到的情况，因为现实世界的路况
实在是太复杂了。

1991 年，卡耐基梅隆大学计算机博士 Dean Pomerleau 萌生了一
个新想法。他认为教车辆学会自动驾驶的最佳方法是让它们跟人类
学习。于是，他在学校的悍马测试车上运行了自己的程序，该程序
会自动追踪他在匹兹堡道路上开车的一系列操作。几分钟后，计算
机就生成了自己的算法，在 Pomerleau 大撒把后，这辆悍马成功

在洲际公路上完成了自动驾驶，最高时速甚至开到了 88 千米/小时。

不过，到了一座桥后，这辆车的转向系统却“发了疯”，Pomerleau 不得不赶紧稳住方向盘。随后的几周，他一直在分析数据，试图找出到底哪里出了问题。结果发现，他驾驶的过程中，州际公路路边都有灌木丛，电脑将其当成参照系好让车辆行驶在道路上，当灌木丛突然消失后，电脑就懵了。

这绝对是个致命问题。上世纪 90 年代中期，微型芯片速度不够快，它无法即时算出所有可能性，高速行驶更是会让处理器压力大增。1996 年，Dickmanns 宣布，“想实现现实世界的自动驾驶，必须要等计算机性能的提升。**雷锋网**如果用摩尔定律来推算，就意味着我们至少还要等十多年。”此话一出，自动驾驶热度骤降，研究资金开始捉襟见肘，许多项目只能暂停。

8 年后的 DARPA 挑战赛上，处理器速度已经远远甩开了摩尔定律，提升到原来的 25 倍，GPS 导航也开始广泛应用。同时，激光传感器成本更低也更可靠，Dickmanns 设定的技术门槛基本已经全部兑现了。

当时，有 100 多支队伍报名参加 DARPA 第一届挑战赛，这个结果令他们欢欣鼓舞，仿佛自动驾驶的黎明就要到来了。不过，前面一塌糊涂的赛况显示，研究人员依然没能克服该领域最大的挑战。

卡耐基梅隆大学“大动干戈”

在 Thrun 专心准备第二届挑战赛时，他发现自己仿佛又回到了 12 岁，不过这次可不能再用那台老旧的北极星电脑了，他需要强大的计算硬件和稳定的车辆。

在这关键时刻，他接到了大众电子研究实验室科学家 Cedric Dupont 的电话，当时的大众也想参加挑战赛。它们听说 Thrun 也有此意，就决定给他提供三辆途锐，一辆用于比赛，一辆备用，另一辆则负责提供零部件。造车经验丰富的大众则负责把车辆的转向、加速和刹车控制系统连上 Thrun 的电脑。得到了大众支持的 Thrun，正式开始走上书写汽车行业历史的道路。



在该领域浸淫 20 多年的卡耐基梅隆大学车队也不服输，它们准备在第二届挑战赛中一雪前耻，这次带队的是 Red Whittaker 教授。

首先，团队准备在比赛中启用两辆无人驾驶赛车，一辆 1986 款悍马和一辆 1999 款的悍马，卡耐基梅隆选择悍马主要就是因为它们很皮实。同时，Whittaker 还给传感器装了陀螺仪，以便能得到更可靠的数据。随后，他专门派了三个工作人员驾驶一辆卡车在沙漠里驾驶了 28 天，这辆卡车的目标就是用激光雷达绘制出比赛区域的数字地图。在莫哈维沙漠开了约 2000 英里后，该团队终于摸透了这里的地形。

不过，这只是个开头，该团队又购买了该区域的高清卫星图像。当 DARPA 公布比赛路线后，Whittaker 派 12 位分析师在帐篷里仔仔细研究起了比赛路线。分析师在赛道上标出了石头、围栏和沟渠，以方便参赛车辆识别。

除此之外，Whittaker 的团队还用上了 Pomerleau 的招数，它们派工作人员驾驶悍马在不同的沙地进行行驶，以便让车辆能轻松应对不同的环境。配置方面，两辆悍马都搭载了 7 颗英特尔 M 处理器和 40 GB 的闪存，为了赢得这场比赛，卡耐基梅隆的预算高达 300 万美元，一副志在必得的样子。

不过，它们投入的巨大人力物力好像并没有起效，那些预先绘制的地图只覆盖了赛道的 2% 路程，比赛中赛车还是要靠沙地训练积累的经验。不过，这些可远远不够，即使机器人能识别出 10 点钟方向的一颗石头，换个角度或者光照环境还是会让机器傻掉。

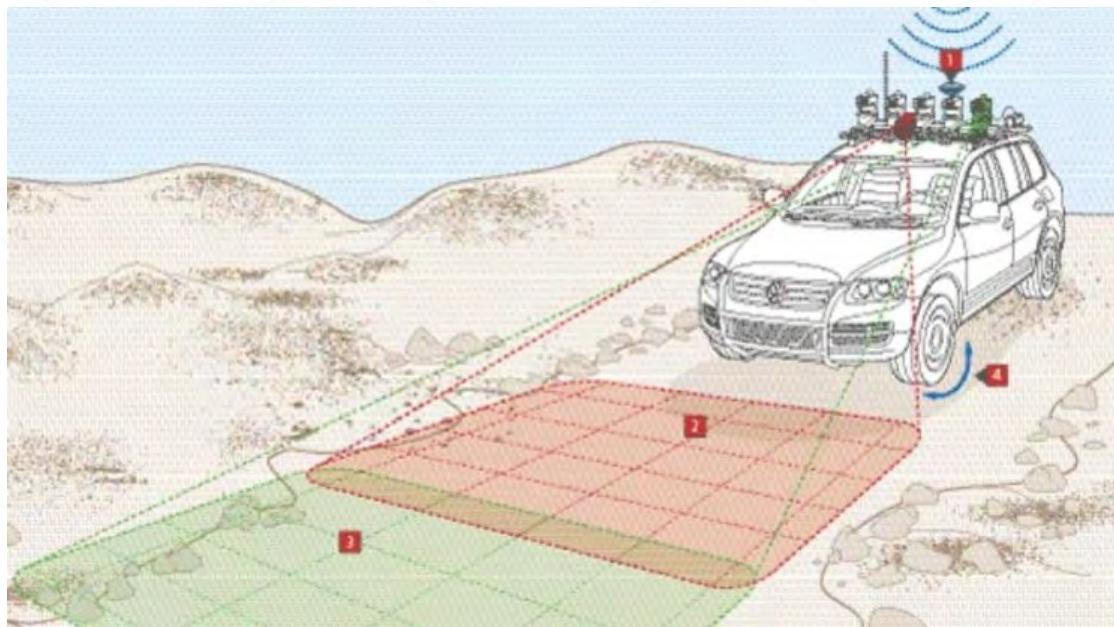
Thrun 放出大招

带领斯坦福团队参与比赛的 Thrun 也面临相同的问题，路上的一个小突起可能就会让途锐的传感器措手不及，自动驾驶汽车还不够聪明，它分不清传感器的误差，还是前方有新的地形，甚至会被自己的阴影“吓到”。

也许你不相信，不过 Thrun 坐在路边时想到了一个更简单的解决方案。传统汽车在处理传感器采集的数据方面非常愚笨，研究人员必须亲自上阵来提升数据质量（为传感器装上陀螺仪或升级处理数据的软件）。Thrun 认为，车辆要想变得更聪明，它们就必须自行判断那些不完整的和模棱两可的数据，也就是得拥有类似自我意识的算法。

在首席程序员 Montemerlo 的帮助下，Thrun 开始记录参赛车辆 Stanley 的大脑。它们要求计算机处理传感器采集到的每一个像素，随后根据人类驾驶的情况为数据分配数值。这样，计算机就能将自己的判断与人类的经验进行对比，随后舍弃那些错误的信息和方法。经过一段时间的训练后，Stanley 行驶时已经有人类驾驶员的风格了。

不过，Thrun 还不满意，他准备让这项技术更进一步。当时，Stanley 装配了激光扫描仪和摄像头两种主要的传感器，激光在 30 米范围内非常有效，但超过这个距离数据的质量就会下降。摄像头虽然看得更远，但侦测近距离物体准确性却比较一般。Thrun 认为两种传感器可以紧密合作，让电脑通过远近不同的数据进行自我学习。



Thrun 的方案成功了，Stanley 的视觉更加清晰了，在路况复杂的沙地上它都能开到 72 千米/小时，转起弯来更是胸有成竹。同时，由于可以自行筛选数据，Stanley 的感知能力直接提升了 4 个数量级。在这项改进前，Stanley 读雷锋网发生识别错误的几率高达 12%，但之后错误率降到了五万分之一。

Stanley 夺魁

2005 年 10 月 8 日早上 6 点半，23 辆武装到牙齿的赛车齐聚内华达普利姆准备参加第二届 DARPA 挑战赛。

卡耐基梅隆大学的团队一片喜气洋洋，12 位分析师已经通过 2 小时的努力完成了赛道路况的预判，数据也上传到了两台悍马中。为了吸引团队参加比赛，DARPA 甚至将奖金提升到了 200 万美元，Whittaker 迫不及待地想要拿下冠军并一雪前耻。在比赛前的晚

上，他还呛声 Thrun，称他只是卡耐基梅隆机器人实验室的青年教师而已。Thrun 并没有反击，他只是努力抑制自己紧张的神经。

自动驾驶汽车们一辆辆接连出发驶入沙漠。几个小时，在跟着卡耐基梅隆大学 1 号车行驶了 100 英里后，Stanley 顺利完成了超车。

为了保证比赛安全，在特殊路段 DARPA 设定了 5-25 英里/小时的限速，不过 Stanley 想跑得更快，激光扫描仪和摄像头的完美配合也让它信心十足。经过 6 小时的行驶，Stanley 终于领先其他团队第一个冲过终点线。Thrun 眼前终于不再是大山和荆棘了，他看到了让机器人掌控方向盘的未来。



这次的比赛确实比第一届成功多了，包括卡耐基梅隆大学两辆悍马在内的 5 辆赛车都跑完了 128 英里的比赛。自动驾驶时代已经到来，而 Stanley 是它们的开路先知。

英特尔研发负责人 Justin Rattner 表示：“这是个重要的转折点，它比深蓝击败卡斯帕罗夫还重要。深蓝只是计算能力强，它不会思考，而 Stanley 学会了思考。人工智能正在从基于规则的思考升级至基于概率的新模式，毕竟统计分析才更符合人类的思考习惯。”

自动驾驶汽车任重道远

就在 Stanley 大获成功之时，自适应巡航等技术开始成为许多车辆的标配。不过，即使车上搭载的传感器变得越来越多，也没有人能全面解读它们到底看到了什么，但 Thrun 解决了这一问题。计算机已经摩拳擦掌准备接管方向盘了，但人类会同意吗？

机器人专家 Jay Gowdy 认为答案是否定的，他从事自动驾驶研究也有快 20 年了。Gowdy 指出，美国每年因交通事故死亡人数约为 4.3 万人，自动驾驶能大幅降低伤亡率。不过，让交通事故降到零有点不太可能，而这些仅有的人员伤亡可能就是计算机错误造成的，因此事故责任划分将会成为自动驾驶普及的绊脚石。



除此之外，汽车厂商还得让乘客感觉自己依然在掌控一切。同时，相互配合的高清地图也必须提前就位，除了给车辆提供精确的路线规划，它们还能说服乘客，否则乘客说向左车辆却向右就容易让乘客感觉自己失去了对车辆的控制。

当代莱特兄弟

拿下挑战赛冠军后，Thrun 手拿奖杯回到斯坦福演讲，他表示：“有些人说我们是莱特兄弟，但我觉得我们更像查尔斯·林德伯格（首个驾机横跨大西洋的飞行员），因为他长得更帅。”

“一年之前，有人说这根本是不可能完成的任务，但现在一切都成真了。”Thrun 补充道，而他这番话后是经久不息的掌声。



在移动市场折戟的 Tegra，如何变成英伟达自动驾驶的刺刀？

作者：易建成

导语：那只在黑色背景上闪着荧光绿色的「眼睛」，你有可能在笔记本电脑的贴标上见到过。现在，英伟达将这只「眼睛」拓展到汽车上了。



雷锋网(公众号：雷锋网)按：那只在黑色背景上闪着绿色荧光的「眼睛」，你可能只在笔记本电脑上见过。现在，英伟达将这只「眼睛」拓展到汽车上了。

如果回顾近三年英伟达在 CES 上传递的信息，从 Drive PX、Drive PX2 到 Xavier，英伟达无一不在强调自动驾驶，并在这一领域不断投入，每一年都有新的产品和进展。

这些成果给大部分人带来一种感觉是：此前在汽车行业没什么存在感的英伟达，是什么时候进入这一领域的？

事实上，这家 PC 时代的芯片供应商与汽车厂商早有交集。

在 2015 年的 CES 上，英伟达 CEO 黄仁勋讲起了一个细节：奥迪与英伟达从 2005 年便开始合作了。最让黄仁勋印象深刻的是：当年奥迪找到英伟达，便向后者描述，「未来的汽车将会搭载很多计算机技术，变成轮子上的超级计算机。」

这或许为英伟达后来进入汽车行业埋下了一颗种子。

英伟达进入汽车领域

英伟达的 Tegra 芯片由于没有基带支持、本身功耗控制以及市场导向等问题，在手机、平板市场铩羽而归。英伟达在 2011 年斥资 3.67 亿美元收购 Icera 基带业务，由于在市场反响不佳，2015 年英伟达不得不打包出售了这一业务。

不过，在汽车市场，英伟达却用 Tegra 打出了一片天地。

在 2005 年开始研发的 Tegra 处理器，虽然最开始应用在手机和平板电脑上，但到了 2011 年，Tegra 在汽车领域的主要用途，包括信息娱乐与导航系统，多功能仪表盘和驾驶员辅助系统三个方面。

2011 年奥迪在新款 A8 汽车上采用了来自英伟达的 3D 导航系统显示芯片，而后者则用了整整 6 年时间研发这一芯片。

同年，英伟达与宝马达成协议，宝马要在全系汽车中的车载导航和信息娱乐系统都将搭载英伟达 GPU，依靠其图形处理能力，呈现出生动逼真的图形效果，而且车载屏幕达到 1280x600 甚至更高的分辨率。

雷锋网



2013 年，外界发现特斯拉 Model S 的信息娱乐系统是运行的是英伟达的 Tegra 3 处理器。

理解「车规级」

在后来的采访中，一位记者非常诧异地提问英伟达汽车事业部总监 Danny Shapiro：一家游戏芯片厂商是怎么突然闯入汽车领域的？要知道，英伟达为笔记本或游戏主机设计的芯片是无法直接用在汽车上的。

Shapiro 答：「我们需要学习『车规级』意味着什么。英伟达的产品在运行的过程中不能出现重启，能够满足汽车内恶劣的操作环境和可靠性要求。」

「车规级是品质的分级名词。一般而言，车载要求的工作温度至少是-30 度到 90 度，这是一般消费级产品无法企及的。同时对于 EMC、EMI 方面，国际定义为消费级的 2 倍以上。另外，车规级还需要满足 26262 的性能要求。」一位汽车工程师向雷锋网解释「车规级」的严苛标准。

一位对奥迪与英伟达当年合作较为熟悉的业内人士告诉雷锋网，「当年的情况，奥迪迫切寻找一种稳定高效的多执行模块控制方案，而当时的方案公司基本都求稳，只有英伟达推出高效的 Tegra 模组，这在时机上吻合了双方的需求。」

Shapiro 回忆，英伟达做的事情就是为汽车客户开发一个模块化解决方案。奥迪、特斯拉都采用了这种解决方案。这个计算视觉模组（VCM）是可编程的汽车电脑。

英伟达与特斯拉的合作始于 2009 年。当时特斯拉 Model S 配置的 17 英吋中控触摸屏幕和数字仪表盘搭载的正是 Tegra。当时德国大众旗下的奥迪汽车正在引入新式导航系统，采用的也是英伟达 Tegra 处理器。

在奥迪与英伟达的合作早期，奥迪一名高管曾邀请英伟达工程师前往位于德国的奥迪工厂。

奥迪互联汽车技术高级系统架构师 Matthias Halliger 回忆说：
「我们对英伟达的工程师表示，『你们只生产一个元件，而在这里我们需要将 1 万个元件组装成一辆汽车。即使是一个元件损坏，我们都会面临问题。』」

为了说明问题的严重性，奥迪的工作人员指出，曾经有一辆豪华轿车由于喷漆存在瑕疵而被拒绝收货。奥迪的用意很明显，帮助英伟达理解汽车厂商的需求，理解汽车厂商究竟想要什么，并且接受汽车行业中的文化。

英伟达也意识到了这个问题。英伟达汽车事业部总经理 Rob Csongor 曾提到，英伟达为了支持客户，曾派了大量软件工程师去奥迪位于德国的总部以及特斯拉在加州的总部。

Csongor 认为，不能简单将英伟达划分为二级供应商，因为诸如软件调试这种关键的事情，英伟达必须与汽车厂商进行直接和密切的合作。英伟达在早期与汽车厂商们建立了这种联系为其日后快速切入汽车领域打下了基础。

基本上，从 2005 年到 2015 年，英伟达耗费了 10 年时间才被汽车行业接纳为元件供应商，将业务从消费电子产品拓展至汽车元件。



2016 年 7 月，Shapiro 在英伟达的官方博客上撰文，大意是英伟达如何通过汽车级的严苛测试。尽管如此，英伟达需要学习的还有很多，比如了解汽车设计周期、汽车厂商和供应商的工作方式。正常的汽车生产周期达到 5 年甚至更长时间，而许多消费类产品只有 1 年。

此外，英伟达需要与自己的供应商合作，确保关键元件，例如内存和电源模块，在更长的生命周期中能按需得到升级。

汽车芯片市场

2011 年英伟达亚洲研发中心落户天津时，英伟达汽车事业部总监 Danny Shapiro 来华，当时他向外界解释英伟达进入汽车领域的优势：

相比传统的车载信息系统集成厂商，英伟达有丰富的高性能图形技术经验，只需将这些技术缩小体积、节能化，就能够提供优秀的多媒体体验。换句话说，英伟达进入汽车行业优势在于：图形处理和计算性能。

但在传统汽车芯片市场，英伟达仍是一家小厂商。一些老牌劲旅，如飞思卡尔、意法半导体、英飞凌、德州仪器、瑞萨电子、恩智浦、富士通、博世、赛灵思等诸多大厂，依然牢牢占据着车载半导体市场，外来者鲜有机会进入。

恩智浦和瑞萨电子都属于汽车芯片领域的两大顶尖供应商，目前市面上有上亿辆汽车都搭载了这两家公司供应的芯片产品。

虽然目前英伟达的市场份额并不高，但也有汽车工程师认为英伟达是「业界很特殊的存在」。

他告诉雷锋网，传统汽车芯片厂家是根据之前的需求来设计芯片。而英伟达是利用其它在行业的积累，给车企提供了一种特别计算能力和图像处理能力的支持，实现一个跨界融合效果。

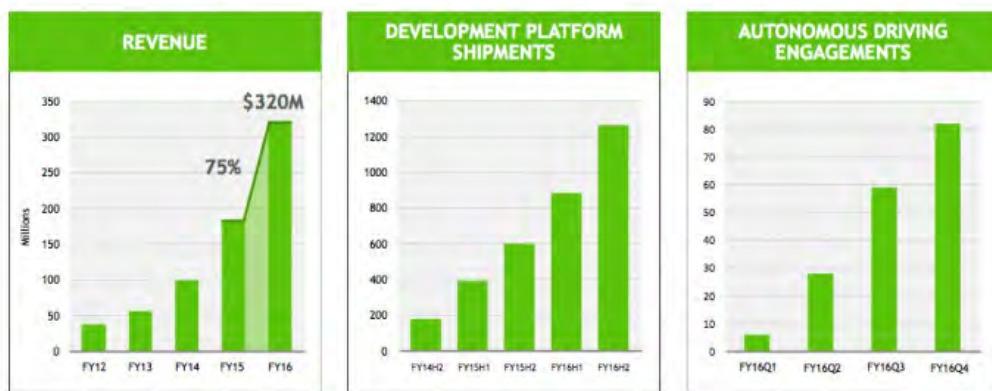
「车企选择的还是学习其他行业，整合成熟技术。而在性能要求不高的情况下，英伟达只能在某些高端车上研发和落地。因为量小，大家不知道。」他说。

一位来自国内自主品牌的汽车工程师也表达了类似的看法。他告诉雷锋网，英伟达性能强大，但目前还不适合大规模推广。「我很少听说有（车企）用英伟达的（芯片），太贵了，性能冗余。」

他表示，目前主流的车载芯片依然以稳定为主。因为你市场的中坚需求只是一辆不会出问题的车。每家主机厂的主要盈利，还都是依靠中低端车型。

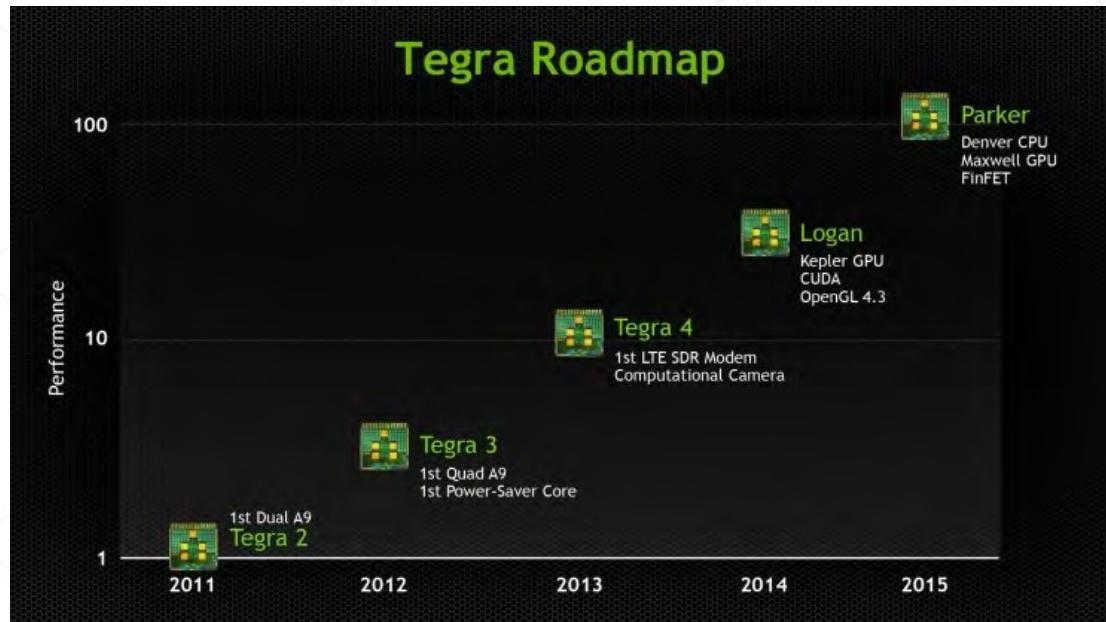
这也是为什么在早期，英伟达在汽车上的应用都偏向于豪华车型。

NVIDIA AUTOMOTIVE GROWTH



2011 年，英伟达汽车芯片业务的销售额仅为 2300 万美元。到 2016 年，其收入已经达到 3.2 亿美元。英伟达预计，到 2020

年其芯片将被用于 3200 万辆汽车中。Shapiro 说，「我们的产品已经内置在超过 1000 万的汽车里了。」



「对于汽车业务上升空间仍然非常大，因为全球的汽车制造商每年会卖出 9000 万辆的汽车。」Shapiro 说，特斯拉超大触摸屏、奥迪的控制器、导航仪和虚拟驾驶舱，都是由英伟达的芯片驱动。

英伟达的高管在 2014 年的财报电话会议上就曾表示，汽车是其移动业务增长最快的领域，今后还将一直保持这种发展态势。

在当年 3 月的年会上，Shapiro 描绘未来汽车的图景：每辆汽车最终都将会成为一台超级计算机。

进军自动驾驶

英伟达并不满足只是提供浅层的图形处理能力，它的野心在于更有潜力的自动驾驶。而实现自动驾驶的汽车需要对周边环境进行识别，需进行庞大数据分析以及强大的计算能力。

在自动驾驶技术上，汽车通过搭载诸如摄像头、雷达等传感器采集图像数据，将这些信息通过深度学习进行处理和分析，最后发出指令控制汽车并实现自动驾驶。

在这个过程中，深度学习所需要的并行计算能力显得颇为重要，英伟达的 GPU 在这方面有天生优势：高度并行、海量规模的架构能很好满足深度学习的需求。



Product Name	NVIDIA Drive PX	NVIDIA Drive PX 2	NVIDIA Drive PX 3?
SOC Name	Tegra X1	Parker	Xavier
Process Technology	20nm SOC	16nm FinFET	16nm FinFET+
CPU	8 Core CPU	12 Core CPU	8 Core CPU
CPU Architecture	4 x A57 4 x A53 (Custom)	8 x A57 4 x Denver2	4 x ARM64-bit (Denver3)?
GPU Architecture	Maxwell	Pascal	Volta
Compute TFLOPs	2.3 TFLOPs	8 TFLOPs	TBD
Compute DLTOPs	N/A	20 DLTOPs	20 DLTOPs
Total Chips	2 x Tegra X1	2 x Tegra X2 2 x Pascal MXM GPUs	1 x Xavier
System Memory	LPDDR4	8 GB LPDDR4 (50+ GB/s)	TBD
Graphics Memory	N/A	4 GB GDDR5 (80+ GB/s)	N/A
TDP		80W	20W

近几年，英伟达陆续推出了自动驾驶汽车计算平台，从 Drive PX、Drive PX2 到 Xavier，能够以每秒几万亿次浮点运算来处理数据。

作为对比，在 2000 年时，同样实现每秒 1 万亿次浮点运算需要 1 万个处理器，这庞大的计算系统显然会影响汽车高精度行驶的可靠性。

一位汽车工程师告诉雷锋网，自动驾驶需要同时处理多个传感器的实时信号，需要更高效的数据运算和信号处理能力。这对于英伟达而言无疑是天生的优势。再加上高精度地图的显示应用，更加显得当前主流车规级 IC 的性能不足。

「我觉得自动驾驶的羸弱，还是受限在车机能力和网络数据接入的平台接口，也就是硬件对接。车机没办法拥有像网络服务器那样的超强硬件。」他表示。而这正是英伟达的优势。

在今年的 GTC 上，丰田已经成为英伟达 Drive PX 平台吸纳的第四个汽车厂，另外三家厂商分别是奥迪、戴姆勒和大众集团。其中，大众集团和丰田汽车过去一直稳居世界汽车销量前两名（今年第一季度被雷诺-日产联盟超越）。

Automotive Partners



在未来，如果世界排名前 10 的大部分汽车厂商都使用英伟达的计算平台，英伟达的这门「生意」将更具想象空间。

近一年来，随着自动驾驶技术的兴起，智能汽车对于计算和数据处理能力的需求暴增，海量数据的处理与计算能力正是英伟达、英特尔、高通等公司所擅长的领域。

因此有业内人士认为，这为消费产品的芯片公司切入车用芯片市场提供了弯道超车的机会：

与传统汽车半导体公司相比，英伟达的真正优势并不是芯片设计能力，而是真正把诸如深度神经网络、云计算以及视觉等技术引入汽车芯片。

根据 IDC 预测，2015 年至 2020 年间，汽车芯片的平均年增速将达到 7.7%。现如今，消费电子行业的风口正转向自动驾驶汽

车、人工智能和虚拟现实。而英伟达早已站在了这个新的风口之上。





此刊为雷锋网出品的「2017年度特辑」之一
更多精彩内容请扫描下方二维码

